FEREDIT
Fondo editorial

CAUCES INVISIBLES EN LA TRANSICIÓN HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR

Tendencias

Carluys Suescum Coelho, Margarita Sena Sánchez,
Arelis Hernández Blanco, Alba Torres Padrón,
Jesús Campos García

Cauces invisibles en la transición hacia la economía circular. Tendencias

Carluys Suescum Coelho, Margarita Isabel Sena Sánchez, Arelis Josefina Hernández Blanco, Alba María Torres Padrón, Jesús Alonso Campos García

Colección: Campos fundantes y transversales de la transcomplejidad
Primera edición, julio, 2026
Depósito Legal: **978-980-456-124-5**
ISBN: **AR2026000194**

Se permite copiar, distribuir, comunicar públicamente y adaptar esta obra, siempre que se reconozca adecuadamente la autoría, no se haga con fines comerciales y las obras derivadas se compartan con la misma licencia.

Para citar esta obra: Suescum, C. Sena, M., Hernández, A. Torres, A y Campos, J. (2026). *Cauces invisibles en la transición hacia la economía circular. Tendencias.* Colección: Campos fundantes y transversales de la transcomplejidad. FEREDIT
Libros@Red de Investigadores de la Transcomplejidad.
https://reditve.com
Rif: J403566976
Portada: Elaborado con Copilot AI
Revisión General: Comité Editorial
Libro arbitrado por pares ciegos

AUTORIDADES REDIT
Dra. Crisálida Villegas
Presidente
Dra. Nancy Schavino
Vicepresidente
Dra. Mary Stella
Directora de
Administración
Dra. Alicia Uzcátegui
Secretaria

FEREDIT
Dra. Sandra Salazar
Directora
Comité Editorial
Dra. Betty Ruiz
Dra. Rosana Silva
Dra. Evelyn Ereú
Dra. Miozotis Silva
Dr. Arturo Dávila
Dr. Renne Pérez

ÍNDICE DE CONTENIDO

		pp.
	Mirada a las nuevas tendencias de la economía circular. A modo de presentación **Crisálida Victoria Villegas González**	8
I	**Financian Sostenible entre la Complejidad Económica y el Pensamiento Transcomplejo** **Carluys Suescum Coelho**	19
	Torrente que da vida a lo circular	21
	Paradoja del agua teñida	25
	Cisne verde y organismo vivo	31
II	**Residuos y generación de energía desde lo cotidiano transcomplejo** **Margarita Isabel Sena Sánchez**	42
	Economía circular y transcomplejidad	44
	Innovaciones energéticas cotidianas	51
	Impactos sociales y patrimoniales de la energía limpia como tendencia de la economía circular	73
III	**Ecoinnovación pilar fundamental para la sostenibilidad ambiental** **Arelis Josefina Hernández Blanco**	80
	Ecoinnovación como tendencias de la economía circular	82
	Sostenibilidad ambiental como economía circular	88

IV	**IA sustentable y el futuro tecnológico oceánico** **Alba María Torres Padrón**	94
	Inteligencia Artificial Sustentable	100
	Economía circular	103
	El futuro tecnológico oceánico global	105
V	**Transformación digital: desafíos tecnosociales y ambientales** **Jesús Alonso Campos García**	114
	Huella ecológica de la inmaterialidad tecnológica	116
	Brecha digital y dimensión social de la transformación tecnológica	120
	Gobernanza de datos en los escenarios gerenciales de la región	124
	Referencias	129

ÍNDICE DE TABLAS

No.		pp.
1	Comparación de recursos energéticos circulares	72
2	Aportes del sector empresarial	83

ÍNDICE DE FIGURAS

No.		pp.
1	Tendencias de la economía circular	8
2	Las grandes fugas	29
3	Mecanismos de transmisión del riesgo	33
4	Lirio de agua	51
5	Nopal	59
6	Cáscara de café	68
7	Economía circular	75
8	Transversalidad de ecoinnovación en la sostenibilidad ambiental	93

MIRADA A LAS NUEVAS TENDENCIAS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR A MODO DE PRESENTACIÓN

Figura 1. Tendencias de la economía circular
Fuente: Villegas (2026) diagramada con Copilot AI

Crisálida Victoria Villegas González[1]

La transición hacia una economía circular representa uno de los desafíos más apremiantes de los tiempos actuales. Este modelo, que busca desvincular el crecimiento económico del consumo

[1]Doctora en Ciencias de la Educación. Presidente y Coordinadora General del Programa Formativo REDIT. crisvillegas1@yahoo.com. https://orcid.org/0000-0002-3433-6595

de recursos finitos y la generación de residuos, exige una profunda reevaluación de los paradigmas actuales de producción, consumo y gobernanza. El libro **Cauces Invisibles en la Transición hacia la Economía Circular: Tendencias,** emerge como una contribución fundamental en este contexto, para abordar las interconexiones inherentes a esta transformación.

A través de sus capítulos, la obra explora cómo la financiación, los residuos como recursos, la ecoinnovación, la inteligencia artificial y la transformación digital se entrelazan en la búsqueda de un futuro más sostenible. La circularidad se postula como alternativa idónea para transcender la linealidad que caracterizan los sistemas económicos que impactan los socioambientales contemporáneos, ofreciendo una visión que trasciende las soluciones fragmentadas.

La obra se estructura en cinco capítulos. El primero, **Financiación sostenible entre complejidad económica y el pensamiento**

transcomplejo, de **Carluys Suescum,** profundiza en la intersección crítica entre la financiación sostenible, la complejidad económica y el pensamiento transcomplejo. Tradicionalmente, los modelos financieros han operado bajo supuestos de linealidad y previsibilidad, lo que ha demostrado ser insuficiente para abordar los riesgos sistémicos asociados al cambio climático y la degradación ambiental.

La **financiación, tendencia de la economía circular**, es el conjunto de mecanismos financieros, el dinero y la estructura financiera que hacen posible el tránsito de un modelo lineal a uno circular. Es tendencia porque la economía circular necesita capital para crecer y porque el sector financiero está viendo oportunidades de rentabilidad y de mitigación de riesgo. Además, las finanzas circulares pueden abrir nuevos mercados e innovar en modelos de negocios.

La financiación sostenible por su parte busca integrar criterios ambientales, sociales y de

gobernanza (ESG) en las decisiones de inversión, pero su implementación efectiva requiere una comprensión más profunda de la interdependencia de los sistemas económicos y ecológicos. El pensamiento transcomplejo ofrece una lente a través de la cual se puede aprehender esta vinculación. Este enfoque dialógico permite a los actores financieros desarrollar estrategias más adaptativas, fomentando inversiones que no solo generen retornos económicos, lo que es crucial para dirigir capital hacia iniciativas verdaderamente circulares y regenerativas.

El segundo, **Residuos y generación de energía desde lo cotidiano transcomplejo,** de **Margarita Sena,** aborda la gestión de residuos y la generación de energía desde una perspectiva que va más allá de lo meramente técnico, anclándose en lo cotidiano. La acumulación de residuos es una manifestación directas de un modelo económico lineal.

La **valorización de residuos como tendencia de la economía circular,** consiste en transformar flujos residuales (orgánicos, plásticos, industriales, agrícolas) en materias primas, energías o productos de mayor valor reduciendo la extracción de recursos vírgenes y cerrando ciclos productivos. Pero este cambio requiere una modificación profunda en los hábitos de consumo y producción a nivel individual y comunitario.

El pensamiento transcomplejo, al reconocer la interconexión de los sistemas y la influencia de las prácticas diarias, ofrece un marco para entender cómo las decisiones cotidianas sobre el consumo, la separación de residuos y la elección de fuentes de energía impactan en la sostenibilidad global. En este marco, la economía circular no es solo una estrategia ambiental, sino una optimización del uso de los recursos dentro del sistema productivo.

Este capítulo explora cómo la generación de energía a pequeña escala y la valorización de residuos orgánicos pueden ser impulsadas por una

conciencia transcompleja que integre saberes locales, innovaciones tecnológicas y políticas públicas. Se destaca la importancia de empoderar a las comunidades para que se conviertan en agentes activos de la transición, fomentando soluciones descentralizadas y adaptadas a los contextos específicos, donde lo local se fortalece a través de la gestión circular de los recursos y la energía.

En el tercero, **Ecoinnovación pilar fundamental para la sostenibilidad ambiental** de **Arelis Hernández**. Este concepto abarca el desarrollo de nuevos productos, procesos, servicios y modelos de negocio que reducen el impacto ambiental y optimizan el uso de los recursos. La **ecoinnovación es una tendencia de la economía circular** porque responde a tres presiones al mismo tiempo: la necesidad de bajar costos y consumir menos materias primas, las exigencias ambientales y la transición desde una economía lineal hacia una más sostenible.

El capítulo analiza mejoras incrementales, impulsando transformaciones sistémicas que rediseñen fundamentalmente la forma en que se crean y consumen los bienes y servicios. Se discute el papel de las políticas públicas en la creación de un entorno propicio para la ecoinnovación, incluyendo incentivos fiscales, regulaciones y programas de apoyo a la investigación y el desarrollo. Subraya que el éxito de la ecoinnovación depende de la colaboración entre diversos actores: empresas, gobiernos, academia, sociedad civil y de la capacidad de anticipar y gestionar las consecuencias no deseadas de las nuevas tecnologías.

El cuarto, **IA sustentable y el futuro tecnológico oceánico** de **Alba Torres**, se adentra en el prometedor y complejo campo de la inteligencia artificial (IA) que ofrece herramientas poderosas para monitorear, analizar y predecir fenómenos oceánicos, optimizar la gestión de recursos marinos y desarrollar soluciones innovadoras para la

conservación. Este capítulo explora cómo la IA sostenible o verde se ha vuelto tendencia de la economía circular porque permite optimizar recursos, cerrar ciclos productivos y reducir impactos ambientales, mediante control inteligente de procesos.

El **océano como fuente de energía renovable como tendencia de la economía circular** también se explora en este capítulo. Se considera tal porque hay alto potencial energético en mares y océanos que permite diversificar la matriz energética, pudiendo integrarse con infraestructuras, impulsar innovación tecnológica en materiales, captación y almacenamiento, algo central en los modelos circulares.

Sin embargo, la implementación de la IA sustentable en este contexto no está exenta de desafíos, implica no solo que contribuya a la sostenibilidad ambiental, sino también que su propio desarrollo y operación sean energéticamente eficientes y éticamente responsables. Se enfatiza la

necesidad de un enfoque que integre la tecnología, la gobernanza oceánica y la participación de las comunidades costeras para construir un futuro oceánico sostenible.

Por último, el quinto, **Transformación digital. Desafíos tecno-sociales y ambientales**, de **Jesús Campos**. La **digitalización, principal tendencia** y motor clave para la circularidad en la actualidad, facilita la trazabilidad de productos, la optimización de cadenas de suministro, el surgimiento de plataformas de economía colaborativa y la implementación de modelos de negocio basados en el servicio.

Sin embargo, este capítulo explora la serie de desafíos significativos que conlleva esta transformación digital. Desde una perspectiva tecno-social, la brecha digital puede exacerbar las desigualdades existentes, mientras que la automatización impulsada por la IA puede tener implicaciones en el empleo y la estructura social. Ambientalmente, la creciente demanda de

dispositivos electrónicos y la infraestructura de centros de datos conllevan una considerable huella de carbono y un aumento en la generación de residuos electrónicos.

El capítulo, analiza cómo mitigar estos impactos negativos y maximizar los beneficios de la transformación digital para la economía circular. Esto incluye la promoción de la reparación y el reciclaje de productos electrónicos, y el desarrollo de políticas que aseguren una transición digital inclusiva. La clave reside en una gobernanza inteligente que equilibre la innovación tecnológica con la responsabilidad social y ambiental, asegurando que la digitalización sirva como un catalizador genuino para la sostenibilidad y no como una fuente adicional de problemas.

El libro ofrece una visión reflexiva y de complementariedad de los múltiples frentes que componen el camino hacia un modelo económico circular, más sostenible. Se logra poner de manifiesto algunas tendencias relevantes de la

economía circular en estos tiempos y desentrañar las intrincadas relaciones entre estas: financiación, residuos, ecoinnovación, inteligencia artificial y la transformación digital, entre otras, demostrando que la transición circular es una reconfiguración fundamental de la relación de los hombres entre si y con el planeta.

Los autores argumentan convincentemente que la interacción dialógica de saberes y la adopción de enfoques híbridos son indispensables para superar los límites de los paradigmas lineales. Este trabajo no solo identifica los desafíos, sino que también ilumina los cauces invisibles, las conexiones y sinergias a menudo pasadas por alto, que pueden catalizar una transformación profunda y duradera. En última instancia, el libro es una convocatoria a repensar, innovar y actuar con una conciencia ampliada, forjando un futuro donde la producción económica coexista armoniosamente con la regeneración ambiental y la equidad social.

I. FINANCIACIÓN SOSTENIBLE: ENTRE LA COMPLEJIDAD ECONÓMICA Y EL PENSAMIENTO TRANSCOMPLEJO

Carluys Suescum Coelho[2]

Toda gran ciudad o metrópolis descansa sobre algo que sus habitantes casi nunca ven. Bajo ese asfalto que pavimenta sus principales vías corre una red de conductos que transportan agua, energía e información, una arquitectura silenciosa que no produce nada por sí misma, pero sin la cual, evidentemente, nada fluiría. Y es que, cuando esa red funciona, la ciudad respira; cuando se obstruye o se rompe, la vida se detiene.

Las finanzas sostenibles cumplen, frente al gran proyecto de la transición ecológica, ese mismo papel discreto y a su vez decisivo: son los cauces invisibles por donde el capital viaja desde el ahorro hasta los modelos productivos que son capaces de

[2]Doctor en Ciencias Gerenciales. CSO del Centro de Estudios Gerenciales Avanzados (CEGA).: carluyscoelho@gmail.com. https://orcid.org/0009-0000-2044-7684

cerrar el ciclo de los materiales, por lo tanto, no son el fin, sino el medio; no el agua, sino el lecho que la conduce.

La economía circular, ese paradigma que propone sustituir el viejo esquema lineal de extraer, producir y desechar por sistemas que regeneran y reutilizan, no puede materializarse como mera buena intención (Geissdoerfer et al., 2017). Necesita que el dinero llegue al ecodiseño, a la remanufactura, a la servitización y para que esto ocurra hacen falta cauces: reglas que definan hacia dónde puede correr, instrumentos que lo transporten y mediciones que verifiquen su recorrido.

El capítulo sostiene una tesis sencilla de enunciar y exigente de comprender: las finanzas sostenibles operan como la infraestructura que habilita o que obstruye, cuando falla, la transición circular y esa relación solo se entiende cabalmente desde la complejidad económica y el pensamiento transcomplejo.

El recorrido transita por tres movimientos. El primero describe los cauces que dan vida a lo circular y muestra cómo se construye, capa a capa, esa infraestructura. El segundo enfrenta una paradoja incómoda: la del capital que abunda mientras el círculo se estrecha. El tercero relee el conjunto a la luz de las ciencias de la complejidad.

Es allí donde el riesgo climático deja de ser un asunto puramente ambiental para revelarse como una variable de estabilidad financiera. El hilo que cose y sostiene a los tres es una convicción de método: las finanzas sostenibles no son una tubería, sino un sistema vivo y confundir ambas cosas tiene consecuencias.

Torrente que da vida a lo circular

Si partimos del hecho de que las finanzas sostenibles son los cauces de la transición, conviene preguntarse ¿cómo se construyen? La respuesta en este caso tiene tres capas que funcionan como un sistema hidráulico integrado: las reglas que orientan el flujo, los medidores que lo verifican y los

instrumentos que lo transportan. Cada capa resuelve un problema distinto; sin embargo, ninguna funciona aislada de las demás.

Las taxonomías son precisamente esas grandes compuertas que deciden qué merece o no llamarse verde. El Reglamento 852 de la Unión Europea estableció seis objetivos ambientales, entre estos, de manera explícita, la transición hacia una economía circular gobernados por un principio tan elegante como riguroso: una actividad no basta con que beneficie a uno de esos objetivos, sino que no debe causar un perjuicio significativo a los demás (Parlamento Europeo y Consejo, 2020).

Iberoamérica no quedó al margen de esta arquitectura, de hecho, Colombia se convirtió, en abril de 2022, en el primer país de América en publicar una taxonomía verde nacional, y posteriormente México presentó en marzo de 2023 una taxonomía sostenible pionera por integrar objetivos sociales, como la igualdad de género, junto a los ambientales (Secretaría de Hacienda y Crédito

Público, 2023). Son, en la metáfora, los planos que indican por dónde puede correr el agua limpia y por dónde no.

Si las taxonomías son las que fijan el caudal permitido, la divulgación corporativa es la que finalmente instala los medidores. En este punto hay que destacar que, en junio de 2023, el Consejo de Normas Internacionales de Sostenibilidad emitió las dos primeras, sobre información general y sobre clima, edificadas sobre cuatro pilares: gobernanza, estrategia, gestión de riesgos y métricas (IFRS Foundation, 2023).

La normativa europea de informes de sostenibilidad añadió un matiz crucial, el de la doble materialidad: las empresas deben revelar no solo cómo el clima afecta sus cuentas, sino cómo sus operaciones afectan al planeta. La distinción no es retórica (Suescum Coelho, 2026). Sin medidores fiables, nadie sabría cuánta agua verde corre de verdad por el sistema y la confianza, ese fluido

intangible sin el cual ningún mercado funciona se evaporaría.

De hecho, los instrumentos de deuda etiquetada son la prueba palpable del caudal. A fines de 2024 el volumen acumulado de bonos verdes, sociales, sostenibles y vinculados a la sostenibilidad rondaba los 6,9 billones de dólares, con un año récord de emisiones alineadas cercano al billón (Climate Bonds Initiative, 2025).

A estos se suman los préstamos atados a metas de sostenibilidad, que abaratan el crédito de quien cumple sus compromisos ambientales y las finanzas mixtas, que emplean capital público como cebo para movilizar inversión privada hacia donde el riesgo ahuyentaría al financista solitario.

Aquí la infraestructura se vuelve tangible, porque la gran banca de desarrollo y los fondos verdes son las estaciones de bombeo que empujan el agua cuesta arriba, hacia territorios y sectores que el mercado, por sí solo, no irrigaría.

Conviene ilustrar dicho fenómeno con un ejemplo, porque el ejemplo no ilustra el argumento: lo encarna. Un modelo circular como el del producto entendido como servicio en el que el fabricante alquila el uso de un bien en lugar de venderlo y, por tanto, conserva el incentivo de fabricarlo duradero y reparable, reclama una ingeniería financiera capaz de remunerar flujos de ingreso distribuidos a lo largo de toda la vida útil del bien, y no concentrados en una única venta.

La servitización (Product-as-a-Service – PaaS) solo prospera si existe un cauce financiero que comprenda su lógica temporal. La infraestructura existe y mueve cifras descomunales que parecerían augurar una transición imparable, sin embargo, basta cambiar de plano para que el optimismo se nuble.

Paradoja del agua teñida

Aquí aparece la grieta que ningún análisis honesto puede esquivar. Nunca había circulado tanto capital con etiqueta verde y, sin embargo, el

mundo se vuelve cada año menos circular. El Circularity Gap Report documenta que la tasa de circularidad global descendió desde un 9,1 % en 2018 hasta un 6,9 % en su edición de 2025, apenas siete de cada cien toneladas de materiales que la economía consume provienen de fuentes recicladas (Circle Economy Foundation & Deloitte, 2024).

El círculo, lejos de cerrarse, se abre. Estimaciones recientes del mismo programa cifran en decenas de billones de dólares el valor que la economía lineal destruye cada año al desperdiciar materiales y vidas útiles, aquí la paradoja es desconcertante: los cauces existen, mueven billones y, aun así, el agua parece evaporarse antes de regar el campo que se suponía debía fertilizar.

Vale entonces preguntarse ¿dónde están las fugas? La primera y más notoria es el greenwashing o lavado verde. Una investigación sobre más de catorce mil fondos ambientales, sociales y de gobernanza en Europa halló que casi cinco mil de ellos mantenían inversiones por más de 123.000

millones de euros en empresas que expanden activamente los combustibles fósiles (Urgewald & Facing Finance, 2025).

El supervisor europeo de mercados, por su parte, advirtió que el uso de términos sostenibles en los nombres de los fondos se multiplicó hasta volverse rutina comercial, no siempre respaldada por la cartera que esos nombres prometen (European Securities and Markets Authority (ESMA, 2024). Es agua teñida de verde corriendo por conductos rotulados como limpios y el problema no es solo ético, sino funcional, porque cada euro mal etiquetado desvía recursos de los proyectos que de verdad cierran el círculo.

La segunda fuga es más sutil y, quizá, más corrosiva: la discordia de las mediciones. En un célebre estudio sobre la divergencia de las calificaciones de sostenibilidad, se demostró que las notas de seis grandes agencias guardan entre sí correlaciones de apenas 0,38 a 0,71, frente a la

concordancia casi perfecta de las calificaciones crediticias tradicionales (Berg et al., 2022).

La imagen es elocuente, ¿el motivo?, simplemente está representado por el hecho de que seis termómetros aplicados al mismo paciente arrojan seis fiebres distintas. Entonces, ¿Cómo asignar el capital con eficiencia si los instrumentos que pretenden medir la salud sostenible de una empresa no logran ponerse de acuerdo sobre qué están midiendo? El inversor de buena fe queda atrapado en una niebla de señales contradictorias y la niebla, en finanzas, siempre tiene un alto precio.

Ambas fugas, el greenwashing y la discordia presente en las mediciones pueden verse condensadas en la Figura 1, que sintetiza cómo el capital verde termina desviándose de los proyectos que realmente cierran el círculo.

La imagen deja ver, en un solo golpe, dos síntomas de este mal: el agua teñida de verde por un lado y los seis termómetros discordantes por el otro.

En ambos casos, el resultado es prácticamente idéntico: una asignación ineficiente del capital.

Figura 2. Las grandes fugas
Fuente. Elaboración propia con apoyo de ChatGPT Images

A estas grietas se suman dos fracturas estructurales. Una es el **cortoplacismo**, lo que se ha llamado la tragedia del horizonte: los daños del clima se despliegan más allá del periodo en que los actores financieros toman sus decisiones, de modo que el incentivo para actuar hoy se diluye en el futuro de otros.

La otra es la **desigualdad geográfica** del caudal. El informe de financiamiento para el desarrollo sostenible estima la brecha anual de los países en desarrollo en 4,2 billones de dólares, una

cifra que creció enormemente tras la pandemia (Naciones Unidas, 2024). La infraestructura, así, se reveló caudalosa en el norte global y exigua e incipiente en el sur, reproduciendo en el terreno de las finanzas verdes las mismas asimetrías que dice querer corregir.

La lección de fondo es epistemológica. Un enfoque lineal y reduccionista de las finanzas fracasa ante un fenómeno que es, por naturaleza, sistémico. Suponer que basta con etiquetar bonos, publicar informes ESG y confiar en las calificaciones para que el capital fluya virtuosamente es imaginar el sistema financiero como una tubería simple, de entrada y salida predecibles.

No lo es. Es un organismo vivo, atravesado por bucles de retroalimentación, asimetrías de información y comportamientos emergentes que ninguna métrica aislada logra capturar. Y a los organismos vivos no se los repara con la lógica del fontanero, sino con la del médico e ingeniero que comprende un sistema.

Cisne verde y organismo vivo

El capítulo da aquí su giro decisivo de la mano de una imagen que ya es un clásico de la literatura financiera. En 2020, un equipo del Banco de Pagos Internacionales acuñó el concepto de cisne verde para nombrar los riesgos climáticos: eventos potencialmente tan disruptivos que podrían desencadenar la próxima crisis financiera sistémica (Bolton et al., 2020).

A diferencia del cisne negro, que sorprende por imprevisible, el cisne verde posee tres rasgos inquietantes: existe certeza científica de que llegará, aunque no de cuándo ni con qué rostro; sus pérdidas pueden ser irreversibles y se despliega mediante reacciones en cadena de dinámica esencialmente impredecible. La metáfora es perfecta para pensar la transición: vemos al cisne acercarse y, aun así, no logramos coordinar la respuesta.

El mecanismo concreto por el que ese riesgo se transmite a los balances tiene nombre propio: los activos varados (stranded assets). Si el mundo

cumpliera sus metas climáticas, una porción enorme de las reservas de combustibles fósiles debería permanecer bajo tierra y perdería abruptamente su valor. En un estudio se calculó que las pérdidas potenciales por activos varados solo en petróleo y gas superan el billón de dólares y que buena parte de ese riesgo recae sobre inversores privados de las economías avanzadas, incluidos fondos de pensiones y ahorros de los hogares (Semieniuk et al., 2022).

Conviene entonces proseguir con cautela porque estas estimaciones varían enormemente según el escenario considerado y deben leerse como proyecciones de riesgo, mas no como certezas contables. Todas, sin embargo, más allá de sus matices y peculiaridades apuntan a lo mismo: la posibilidad de una revaluación súbita y en cascada, una suerte de infarto del sistema.

La figura 3 sintetiza este mecanismo de transmisión, cómo el cisne verde a través de los activos varados se transforma en una revaluación

súbita que es capaz de propagarse en cascada por el sistema.

Figura 3. Mecanismos de transmisión del riesgo
Fuente. Elaboración propia con base en Bolton et al. (2020)

Nótese que la figura expuesta conserva la cautela honesta que exige el tema, las cifras se leen como proyecciones de riesgo, no como certezas contables, pero todas apuntan hacia el mismo horizonte de infarto sistémico.

A nivel global los supervisores tomaron nota. La red de bancos centrales para enverdecer el sistema financiero pasó originalmente de ocho miembros fundadores en 2017 a más de un centenar y medio en pocos años. El Banco Central Europeo realizó una prueba de estrés climática que abarcó

millones de empresas y miles de bancos de la zona euro y concluyó que actuar de forma temprana resulta mucho menos costoso que la inacción (European Central Bank, 2021).

El diagnóstico institucional fue inequívoco: el clima ya no es solo un asunto ambiental, sino una variable de estabilidad financiera que los guardianes del sistema vigilan con creciente inquietud. Es justo aquí donde la lectura desde la transcomplejidad se vuelve imprescindible, y conviene precisar en qué sentido.

Este capítulo asume el enfoque transcomplejo en la línea de Villegas González (2024) como un modo de complementariedad de producción de conocimiento que articula lo cuantitativo (los datos financieros y las pérdidas modeladas), lo cualitativo (las paradojas éticas del greenwashing, la discordia de las mediciones) y lo dialéctico (la tensión presente entre capital abundante y un círculo estrecho). Se evidencia al no separar el análisis financiero del

ético, ni el sistémico del político, sino tejerlos como capas de un mismo organismo vivo.

Haldane & May (2011) demostraron, en esta misma clave, que el sistema bancario se comporta como un ecosistema: la interconexión, que en principio dispersa el riesgo, a partir de cierto umbral lo amplifica, igual que en una red trófica la sobreconexión propaga el colapso de una especie a todas las demás.

Investigadores llevaron esa intuición al clima y modelaron cómo un choque de transición se propaga en red entre bancos y fondos de inversión, generando pérdidas muy superiores al impacto directo inicial (Battiston et al., 2017). El sistema financiero no es una suma de conductos independientes, sino un sistema adaptativo complejo: no lineal, con emergencia, retroalimentaciones y contagio. Lo que parecía robustez cuando todos están conectados con todos puede tornarse fragilidad en un abrir y cerrar de ojos.

La complejidad económica aporta la otra mitad del marco. El conocimiento productivo de un país (lo que sabe hacer y exportar) es acumulativo y dependiente de su trayectoria, de modo que las economías se diversifican hacia lo que está cerca de sus capacidades actuales.

Esta lógica se extendió a la economía verde y mostraron que los países mejor posicionados para producir bienes verdes complejos tienden a registrar más patentes ambientales, menores emisiones y políticas más exigentes (Mealy & Teytelboym, 2022).

La transición, vista así, no es un interruptor que se enciende vertiendo dinero, sino una construcción paciente de capacidades. Las finanzas sostenibles pueden acelerar ese aprendizaje colectivo o frustrarlo, según rieguen las semillas adecuadas o se limiten a inundar el terreno ya fértil.

El círculo se cierra con el pensamiento transcomplejo, que representa una alternativa para la superación de la visión reduccionista y simplificadora del conocimiento tradicional, de

hecho, es necesario incluir lo irracional y antirracional, el desorden, la paradoja; así como la búsqueda de sentido de la vida desde una óptica que trascienda la inmediatez y lo utilitario (Villegas González, 2024).

No se trata de separar, ni mucho menos de reducir, sino se trata de pensar en simultáneo en el todo y en las partes, considerando incluso el surgimiento de nuevas fuentes o propiedades nuevas de esos componentes aparentemente aislados.

Este principio se hace visible con esa cifra que abre y cierra el recorrido, esos 6,9 billones de dólares de deuda sostenible frente a un 6,9 % de circularidad global, donde un mismo número revela al unísono la magnitud del cauce construido y la sequía del campo irrigado; en el cisne verde, cuyo poder disruptivo no reside en ninguno de los activos varados por separado sino en la reacción en cadena que emerge de sus interconexiones.

Así como en el sistema bancario como ecosistema, donde la propia interconexión que dispersa el riesgo hasta cierto umbral se convierte, más allá de éste, en el mecanismo que lo amplifica. En los tres casos, las partes no explican el fenómeno: lo explica la trama que las une.

Buena parte de la literatura iberoamericana ha trasladado esta epistemología que asume la transdisciplinariedad, el rigor en la argumentación, la apertura como aceptación de lo desconocido, lo inesperado e impredecible, y la tolerancia al reconocimiento del derecho a las ideas y verdades contrarias al campo del desarrollo sostenible, advirtiendo que el paradigma tradicional quedó atrapado en un pensamiento lineal y unos hallazgos reduccionistas (Villegas, 2009).

Es por ello por lo que leer las finanzas sostenibles desde este enfoque transcomplejo significa abandonar la fantasía del cauce predecible y aceptar que se está gobernando un organismo vivo, donde un remedio mal dosificado puede

provocar el mismo colapso que pretendía evitar (Labbad Cervantes & Suescum Coelho, 2026).

Al término del recorrido, las dos cifras que abrieron y atraviesan este capítulo se miran de frente y dialogan con ciertos niveles de incomodidad: 6,9 billones de dólares en deuda sostenible acumulada y un 6,9 % de circularidad global. El parecido de los números es casi una ironía del destino.

El primero mide la magnitud del cauce construido; el segundo, la sequía del campo que debía irrigar. Entre ambos se abre el verdadero problema de la transición: no es, principalmente, de escasez de capital o recursos financieros, sino de arquitectura, de coherencia y de comprensión.

Las finanzas sostenibles son, en efecto, la infraestructura habilitante de la economía circular, pero ninguna infraestructura es virtuosa por el solo hecho de existir. Lo es cuando sus reglas son nítidas, sus mediciones (KPIs) confiables y sus incentivos están alineados con el largo plazo del

planeta y no con el corto plazo del rendimiento (Suescum Coelho et al., 2026).

Cuando esas condiciones faltan, los mismos cauces que prometían regar terminan filtrando y el agua teñida de verde se confunde con el agua limpia. La paradoja del capital abundante y el círculo estrecho no se resuelve sumando más etiquetas, sino pensando el sistema como lo que es.

Es que según se ha argumentado, es un organismo vivo, no una máquina. Esa es, quizá, la contribución más perdurable de mirar las finanzas sostenibles desde la complejidad económica y el pensamiento transcomplejo: nos recuerda que no administramos tuberías, sino ecosistemas; que el riesgo climático no es un dato externo, sino un cisne que ya aletea y planea sobre los balances y que la transición no se decreta, se cultiva.

La pregunta, entonces, deja de ser cuánto capital verde somos capaces de movilizar y pasa a ser otra, más honda y difícil de responder: ¿sabremos diseñar los cauces para que, esta vez, el

agua llegue de verdad hasta la raíz? De la respuesta depende que la economía circular sea el círculo que promete, donde nada se pierde y todo se regenera, o solo una figura retórica más, incapaz de dar los frutos que alimenten a las próximas generaciones.

II.RESIDUOS Y GENERACIÓN DE ENERGIA DESDE LO COTIDIANO TRANSCOMPLEJO

Margarita Isabel Sena Sánchez[3]

La economía circular, vista desde la transcomplejidad, se convierte en un campo fértil para la innovación social y patrimonial. Reducir, reutilizar, reciclar, repensar y reparar son dimensiones que, articuladas, permiten resignificar lo cotidiano al producir fuentes alternativas de energía.

Estas cinco prácticas no son simples acciones técnicas, sino principios ecosóficos, entendidos como sabiduría ecológica, que articula ambiente, relaciones socioeconómicas y subjetividad para orientar la convivencia comunitaria y la relación con el entorno.

Reducir implica cuestionar la lógica extractivista y consumir de manera responsable;

[3]Doctora en Educación, en Gobierno y Ciencias Políticas. Docente de Arquitectura. UNAM, México. https://orcid.org/0000-0002-0424-3187

reutilizar significa transformar residuos en insumos energéticos; reciclar supone integrar saberes locales y tecnológicos; repensar invita a cuestionar modelos de desarrollo y reconocer la energía como bien común; reparar, finalmente, busca restaurar vínculos comunitarios y ambientales dañados por la lógica lineal.

Se sustenta en una meta metodología transcompleja, concebida como un tejido reflexivo que articula lo documental, lo empírico y lo interpretativo en un proceso continuo. Este enfoque permite integrar saberes ancestrales, ciencia contemporánea y prácticas comunitarias, evitando la fragmentación disciplinaria y reconociendo la complejidad de los fenómenos socioambientales.

La revisión bibliográfica se complementa con el análisis de casos concretos como el nopal, los biodigestores, el aceite usado, los residuos textiles, el lirio acuático y las algas y con la construcción de narrativas que resignifican los datos en clave ecosófica.

El propósito de este capítulo es analizar la generación de energía renovable a partir de residuos desde la perspectiva de la economía circular y la transcomplejidad.

Para ello, se examinan experiencias relacionadas con el nopal, los biodigestores domésticos, la orina, el aceite de cocina usado, el lirio acuático, las algas y otros residuos orgánicos e industriales, destacando su contribución a la sostenibilidad ambiental, la autonomía comunitaria y la revalorización de los recursos locales.

De este modo, la economía circular aplicada a la energía se convierte en un paradigma transcomplejo que abre horizontes de innovación social, cultural y ambiental, mostrando que la sostenibilidad no es un destino, sino un camino compartido hacia un futuro más justo e inclusivo.

Economía circular y transcomplejidad

La economía circular aplicada a la producción energética constituye una tendencia que trasciende la eficiencia técnica para convertirse en una

estrategia de articulación entre naturaleza, cultura y sociedad.

La transcomplejidad, como enfoque integra conocimientos científicos, saberes comunitarios e innovaciones tecnológicas, permitiendo resignificar los residuos como recursos energéticos y comprender la sostenibilidad como un proceso cultural, social y ambiental.

La **justicia energética**, que busca que la energía se produzca, distribuya y use de manera equitativa e implica, así mismo, la participación real de las comunidades en las decisiones y respeto por los derechos de las personas y los territorios; constituye un eje fundamental para articular la economía circular con la transcomplejidad.

Desde esta perspectiva, la transcomplejidad constituye una vía para comprender de manera integral los procesos de transformación energética, considerando la interacción permanente entre factores sociales, económicos, ambientales, culturales y tecnológicos.

Plantea la complementariedad de saberes científicos y no científicos, asumiendo que la realidad está conformada por múltiples relaciones dinámicas e interdependientes que no pueden analizarse de forma aislada.

En tal sentido, la producción de conocimiento demanda la convergencia de distintas formas de saber y la integración de dimensiones cognitivas, socioculturales, institucionales y humanas que permitan una comprensión más amplia de los fenómenos estudiados (Alfonzo et al., 2018).

Asimismo, el entramado teórico transcomplejo enfatiza la necesidad de superar las visiones fragmentadas del conocimiento mediante la construcción de espacios de diálogo entre diversas perspectivas disciplinarias y experiencias sociales. Desde esta óptica, la comprensión de los problemas contemporáneos requiere reconocer la complejidad de las relaciones que configuran la realidad y favorecer procesos de reflexión e integración de saberes (Villegas & Schavino, 2024).

Bajo esta mirada, la justicia energética trasciende la mera distribución equitativa de la energía y se vincula con la capacidad de las comunidades para participar en las decisiones relacionadas con la producción, gestión y uso de los recursos energéticos. Asimismo, incorpora principios de corresponsabilidad ambiental y de reconocimiento de las condiciones socioculturales y territoriales de cada población.

Desde el enfoque transcomplejo, la transición energética es entendida como un proceso multidimensional en el que convergen la sostenibilidad, la equidad social y la protección ambiental, elementos que, al interactuar de manera complementaria, contribuyen a consolidar sociedades más inclusivas, sostenibles y resilientes (Villegas & Schavino, 2024; Alfonzo et al., 2018).

Los biodigestores caseros, los biocombustibles de orina o nopal y las innovaciones con algas marinas y lirios acuáticos no son meras curiosidades técnicas, sino manifestaciones de justicia energética

que reconfiguran las relaciones entre comunidad, ambiente y tecnología. Cada uno de estos ejemplos muestra cómo la circularidad energética abre espacios de autonomía, equidad y sostenibilidad, integrando lo técnico con lo social y lo cultural.

El lirio acuático y las algas ilustran cómo la economía circular puede utilizarse para convertir problemas ambientales en energía limpia. Después de ser clasificado como una plaga acuática, ha sido reutilizado como biochar a través de tecnologías de pirólisis solar y digestión anaeróbica.

Esta biomasa se recoge, se seca y se calienta a unos 300 °C para convertirla en briquetas de alta densidad energética y productos carbonosos que se reciclan como fertilizante en diversas regiones de México (IPN, 2022; Sánchez y Cardona, 2008).

Este mecanismo, a su vez, no solo sirve para frenar la propagación de plantas invasoras, sino que también transforma un problema ecológico en una fuente local de energía, además de contribuir al desarrollo energético rural y a la justicia ambiental.

En el contexto de la transcomplejidad y la ecología, el lirio acuático representa una visión técnica y ecosófica, proporcionando una demostración de cómo la tecnología y la naturaleza pueden cooperar para impulsar ciclos más cortos de producción y regeneración.

Por el contrario, las algas marinas y de agua dulce se encuentran entre los mayores recursos potenciales de bioenergía. Son sumideros de dióxido de carbono, lo que las convierte en un componente clave para la transición hacia la energía limpia, que es una tendencia de la economía circula.

Las microalgas Nannochloropsis y Chlamydomonas se cultivan para la producción de biodiésel, bioetanol y biogás mediante procesos de transesterificación y digestión anaeróbica (García & López, 2021; Torres & Aguilar, 2024).

Un cultivo de una hectárea puede absorber hasta 90 toneladas de CO_2 anualmente; por lo tanto, son excelentes aliados naturales en la lucha contra el cambio climático (National Geographic, 2024).

Además, su uso energético se vincula con la acuicultura y las economías costeras, integrando ciencia biotecnológica y conocimiento marino en prácticas ecosóficas.

Desde una perspectiva transcompleja, las algas son comprendidas no solo como biomasa para la producción de energía, sino también como un recurso que integra dimensiones ambientales, económicas, sociales y culturales, evidenciando la interacción entre naturaleza, tecnología y comunidad en la construcción de alternativas sostenibles.

Aunque los costos de cultivo aún son elevados, los beneficios potenciales para las comunidades costeras y las prácticas de acuicultura son sustanciales, ya que generan energía renovable útil en ámbitos locales y fomentan la creación de empleo, tal como se presenta en la figura 4, a continuación.

Figura 4. Lirio Acuático
Fuente: Archivo propio de la autora

Innovaciones energéticas cotidianas

La orina como biocombustible, constituye uno de los ejemplos más provocadores y reveladores de cómo la economía circular puede transformar un desecho cotidiano en recurso energético. Lo que durante siglos fue considerado un residuo sin valor, hoy se resignifica como insumo para producir hidrógeno, electricidad y biogás, integrando ciencia, cultura y sostenibilidad.

Investigaciones mexicanas han demostrado que la urea presente en la orina puede oxidarse para

generar hidrógeno, lo que ha permitido alimentar prototipos de vehículos experimentales y abrir un horizonte de aprovechamiento energético a partir de un recurso abundante y subvalorado (Más de México, 2017; Colombia.com, 2017).

Este hallazgo no solo evidencia la capacidad técnica de convertir lo íntimo en energía, sino que también plantea un cambio cultural profundo: aceptar que lo doméstico y lo corporal pueden ser parte de la transición energética.

La literatura científica reciente ha reforzado este campo. Un estudio analizó la recuperación bioelectroquímica de recursos en orina separada en origen, demostrando que puede convertirse en electricidad y nutrientes útiles, lo que vincula saneamiento con producción energética (Nazari et al, 2020).

Posteriormente, se desarrolló una celda directa de urea, mostrando que la orina puede oxidarse electroquímicamente para producir hidrógeno con alta densidad energética, lo que abre la posibilidad

de sistemas urbanos de generación limpia (Lan, et. al, 2010).

Se optimizaron celdas de combustible microbianas con mezclas de orina y aguas residuales, encontrando que concentraciones del 50–75% mejoran la generación eléctrica y la remoción de contaminantes, lo que convierte estos sistemas en soluciones de saneamiento y energía para comunidades rurales y urbanas.

Más recientemente, se confirmó que la orina es un recurso clave para sistemas circulares de saneamiento y energía, integrando producción eléctrica con tratamiento de aguas y mostrando que la bioeconomía circular puede ser aplicada en contextos comunitarios (Nayak, et. al. 2025)

El potencial tecnológico de la orina como recurso energético es múltiple. Por un lado, la producción de hidrógeno a partir de urea permite pensar en alternativas limpias para movilidad y almacenamiento energético. Por otro, las celdas microbianas convierten la orina en electricidad

mientras degradan contaminantes, que las convierte en tecnologías de doble beneficio: generan energía y saneamiento simultáneamente.

Estas innovaciones se inscriben en la lógica de la economía circular, pues reducen la presión sobre recursos fósiles, promueven la autosuficiencia energética y resignifican un desecho como recurso patrimonial. Desde la transcomplejidad, la orina como energía es un ejemplo de cómo lo cotidiano se convierte en fuente ecosófica, integrando ciencia, cultura y justicia ambiental.

Los desafíos no son menores. La aceptación social de tecnologías que emplean orina como combustible requiere procesos de sensibilización y educación patrimonial, pues aún existen resistencias culturales a resignificar lo íntimo como recurso público.

La escalabilidad de estos sistemas también enfrenta retos, ya que la mayoría de los prototipos funcionan en laboratorio y aún se necesita investigación para su implementación en sistemas

urbanos de gran escala. Además, la tecnología de electrocatalizadores debe avanzar para superar la lentitud en la oxidación de urea y mejorar la eficiencia de las celdas.

Sin embargo, estos obstáculos no socavan la pertinencia de este tema; más bien, dan lugar a un campo fértil de invención transdisciplinaria. La orina como biocombustible se ha convertido en un ejemplo icónico de la economía circular y la transcomplejidad en acción.

Lo que antes era desecho se convierte en energía, lo íntimo se transforma en un recurso comunitario y lo común se convierte en patrimonio ecosófico. Este caso indica que la transición energética requiere más que solo infraestructuras masivas; requiere la capacidad de pensar en formas más próximas y humanas como fuentes potenciales de sostenibilidad.

Nopal protagonista de la innovación energética.

El nopal, símbolo cultural de México, ha trascendido su papel tradicional en la alimentación y

la medicina para convertirse en protagonista de la innovación energética. Su mucílago, rico en polisacáridos, facilita procesos de fermentación y digestión anaerobia que permiten la producción de biogás y bioetanol.

Esta capacidad ha sido documentada en proyectos piloto que demuestran cómo puede generar electricidad y gas en comunidades rurales, vinculando identidad cultural con sostenibilidad tecnológica (Renovables Verdes, 2019; INEEL, 2020).

La circularidad aquí no solo se expresa en términos técnicos, sino también patrimoniales, pues el nopal se resignifica como recurso energético y cultural.

La investigación reciente ha ampliado este horizonte. Se analizó el potencial del nopal como **biomasa**, entendida como materia orgánica susceptible de ser transformada en energía, para su uso en biodigestores comunitarios, sistemas cerrados en los que microorganismos descomponen

residuos orgánicos en ausencia de oxígeno (INEEL,2020).

Los autores encontraron que la alta disponibilidad del nopal en zonas semiáridas lo convierte en un recurso estratégico para la transición energética en México. Como resultado de este proceso, se obtiene **biogás**, una mezcla gaseosa compuesta principalmente por metano y dióxido de carbono, que puede emplearse para cocinar, generar calor o producir electricidad.

El biogás obtenido del nopal presenta condiciones favorables para su aprovechamiento energético, especialmente en regiones donde otros cultivos energéticos resultan limitados por la disponibilidad de agua. Se demuestra así que su uso energético contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y fortalece la soberanía alimentaria y energética en comunidades rurales.

El nopal, inscrito en la lógica de la economía circular, transforma un cultivo tradicional en insumo para sistemas renovables, cerrando ciclos de

residuos agrícolas y convirtiendo lo que antes era desecho en gas para cocinar o electricidad. Su carácter simbólico lo convierte en un puente entre innovación tecnológica y patrimonio cultural (Torres y Aguilar, 2024).

Los retos de esta innovación incluyen escalar proyectos piloto hacia sistemas regionales, mejorar la eficiencia de los biodigestores y sensibilizar a las comunidades sobre el valor energético del nopal. Sus beneficios son claros: ahorro de costos, reducción de emisiones, fortalecimiento de la identidad cultural y creación de economías circulares locales.

El nopal como biocombustible constituye un ejemplo paradigmático de cómo la economía circular y la transcomplejidad pueden integrarse en la vida comunitaria, resignificando un símbolo nacional como energía, patrimonio y justicia ambiental. Lo planteado se puede observar en la figura 5.

Biodigestores caseros.

Estos representan otra innovación destacada. Estos dispositivos, basados en digestión anaerobia, convierten residuos orgánicos en gas para cocinar y, en algunos casos, en electricidad. Han sido difundidos en manuales de autosuficiencia y programas de agricultura sostenible, y recientemente han recibido atención académica y gubernamental por su potencial para fortalecer la autonomía energética comunitaria (Deffis, 2005; Ecoinventos, 2020; Gob.mx, 2021).

Figura 5. Nopal
Fuente: archivo propio de la autora

Investigaciones recientes amplían su alcance: se mostró que además de biogás producen fertilizantes orgánicos que mejoran la productividad agrícola, que reducen la dependencia de gas LP y las emisiones de metano (INEE, 2020).

Los identificaron como estrategia de transición energética justa para comunidades marginadas (Torres y Aguilar, 2024). Por su parte, su incorporación en programas agrícolas fortalece la resiliencia comunitaria frente a crisis energéticas y climáticas (García y Martínez, 2026).

En conjunto, el nopal y los biodigestores caseros ejemplifican cómo la economía circular resignifica recursos locales y cotidianos, integrando innovación tecnológica, justicia ambiental y patrimonio cultural, para generar energías alternativas.

El funcionamiento de los biodigestores caseros se basa en la digestión anaerobia de residuos orgánicos, como restos de comida, estiércol o residuos agrícolas. Este proceso produce biogás, compuesto principalmente de metano y dióxido de

carbono, que puede utilizarse para cocinar, calentar agua o generar electricidad en pequeña escala. Además, el digestato resultante se emplea como fertilizante orgánico, cerrando el ciclo de nutrientes y reduciendo la necesidad de insumos químicos.

El funcionamiento de los biodigestores también puede entenderse a partir de las 5 R de la economía circular. Reducir, porque disminuyen la cantidad de residuos orgánicos que terminan en tiraderos o rellenos sanitarios. Reutilizar, al dar un nuevo uso a materiales como restos de alimentos, estiércol y residuos agrícolas.

Reciclar, ya que estos materiales se transforman en biogás y fertilizantes aprovechables. Repensar, porque proponen una forma distinta de producir y consumir energía a partir de recursos disponibles en el entorno. Reparar, al contribuir a disminuir los impactos ambientales ocasionados por el manejo inadecuado de los residuos y favorecer prácticas más responsables en el uso de los recursos.

De esta manera, los biodigestores representan una aplicación concreta de los principios de la economía circular en la producción de energía alternativa. Los problemas varían desde la capacitación comunitaria en términos de sistemas de construcción y gestión, hasta el diseño de soluciones que se adapten a diferentes circunstancias climáticas y culturales y el establecimiento de políticas públicas que faciliten las tecnologías.

Pero los beneficios superan con creces los desafíos: los biodigestores domésticos son tecnologías baratas, escalables y ecológicas que convierten los desechos en fuentes de energía y fertilizantes agrícolas, haciendo que las comunidades sean más resilientes durante las crisis energéticas y ambientales.

En última instancia, los biodigestores domésticos proporcionan una innovación diaria sobre cómo convertir los desechos orgánicos en energía y una fuente de poder agrícola. El acceso, la repetibilidad y el uso de estos productos los

convierten en vehículos de autonomía comunitaria, reducción de costos y sostenibilidad.

Este ejemplo ilustra cómo la economía circular y la transcomplejidad pueden manifestarse en acciones concretas que redefinen los residuos domésticos, estos adquieren un nuevo valor al convertirse en una fuente de energía y contribuir a la reducción de los impactos ambientales.

Esto, a su vez, otorga a estos recursos un lugar en un patrimonio ecosófico entendido como la base de conocimientos, los pasos de acción y los valores morales que contribuyen al desarrollo de una interacción responsable entre el hombre y el mundo natural.

El aceite de cocina usado es un residuo maloliente y peligroso en la ciudad como resultado de una eliminación inadecuada; inundar desagües o el suelo con dicho aceite líquido se ha vinculado a una calidad de agua extremadamente pobre, por lo que pueden surgir graves peligros para la salud.

Sin embargo, estudios recientes sugieren que este residuo puede tener un nuevo potencial de bioproducción como biodiésel mediante el reciclaje y la transesterificación para otra fuente de combustible, basado en la disminución de los productos químicos finales del petróleo y la demanda de combustibles derivados del gas natural.

El aceite de cocina usado podría ser una excelente fuente de energía y contribuir a reducir la contaminación del agua y el suelo mediante su uso final si se incorpora a la economía circular (National Geografhic,2024).

Una serie reciente de estudios técnicos demostró la efectividad del biodiésel derivado de aceites residuales de la ciudad. También concluyeron que el valor calorífico es comparable al diésel, pero sus cifras de emisión de CO_2 eran menores (Atabani et al., 2013).

La implementación de sistemas de recolección de aceite doméstico en ciudades mexicanas permite cerrar ciclos de consumo y generar empleo verde,

mostrando cómo la circularidad puede transformar hábitos urbanos en prácticas sostenibles

De manera, similar, los posos de café, abundantes en contextos urbanos, han sido resignificados como recurso energético, pueden emplearse para producir biogás y pellets energéticos, lo que permite aprovechar un desecho cotidiano en la generación de energía renovable (Noticias de la Ciencia,2024).

Estudios recientes han demostraron que los posos de café poseen un alto contenido de lignina y celulosa, lo que los convierte en materia prima idónea para procesos de combustión y digestión anaerobia (Martínez y Torres,2022). La valorización energética del café no solo reduce residuos urbanos, sino que también abre oportunidades para la creación de microempresas circulares en barrios y comunidades, integrando sostenibilidad con desarrollo económico local (Kirchherr, Reike, Hekkert, 2017).

Los residuos alimentarios también ofrecen oportunidades energéticas de gran relevancia. La fermentación de cáscaras de plátano, naranja o mango permite obtener bioetanol, mostrando cómo los desechos domésticos pueden convertirse en energía renovable y cómo la circularidad se extiende a la vida cotidiana.

Investigaciones han demostrado que la fermentación de cáscaras de frutas tropicales produce bioetanol con rendimientos energéticos competitivos frente a cultivos convencionales como el maíz (Silva Gómez, 2021).

En un estudio más reciente, se señaló que la integración de residuos frutales en biodigestores urbanos no solo genera energía, sino que también reduce la presión sobre rellenos sanitarios, contribuyendo a la gestión sostenible de residuos (Ramírez y Delgado, 2024).

En paralelo, la pirólisis de plásticos biodegradables se ha convertido en una alternativa para aprovechar este tipo de residuos y obtener

energía. Este procedimiento consiste en calentar los materiales a altas temperaturas sin presencia de oxígeno, lo que permite transformarlos en productos con valor energético.

Además de generar energía térmica, produce biochar, un material rico en carbono que puede utilizarse para mejorar la calidad de los suelos. Se encontró que la pirólisis aplicado a bioplásticos derivados del almidón produce un biochar útil para la recuperación de nutrientes en terrenos agrícolas (López y Hernández, 2022).

Más recientemente, se señaló que este proceso no solo contribuye a la generación de energía, sino también a la reducción de residuos emergentes, mostrando que los materiales biodegradables pueden reincorporarse a nuevos ciclos de aprovechamiento en lugar de convertirse en desechos (García y Martínez, 2026). De esta manera, la pirólisis se integra a la lógica de la economía circular al transformar residuos en recursos con utilidad energética y ambiental.

En conjunto, estos ejemplos urbanos, aceite de cocina, posos de café, cáscaras de frutas y plásticos biodegradables, demuestran que aplicaciones de la economía circular para generar energía alternativa, no es una abstracción, sino una práctica concreta que se materializa en lo cotidiano. Cada caso revela cómo la transcomplejidad permite articular innovación tecnológica, hábitos urbanos, resignificando lo doméstico como fuente de sostenibilidad, tal como se muestra en la figura 6, a continuación.

Figura 6. Cáscara de café
Fuente: archivo propio de la autora

La agroindustria también es ejemplo de la circularidad, pues los residuos generados en procesos industriales pueden resignificarse como insumos energéticos y alimentarios. Investigadores sinaloenses han desarrollado procesos para transformar subproductos de la industria cervecera en alimentos y electricidad, vinculando producción industrial con sostenibilidad energética (INEEL, 2020).

Este caso muestra cómo la economía circular puede integrarse en cadenas productivas de gran escala, generando beneficios ambientales y sociales, y cómo la innovación tecnológica puede convertir un problema de residuos en una oportunidad de desarrollo.

La literatura científica ha destacado que los subproductos de la industria cervecera, particularmente el bagazo de cerveza, constituyen una materia prima de gran valor para la obtención de bioproductos y bioenergía. Su aprovechamiento favorece la reducción de residuos industriales y

fortalece estrategias de economía circular orientadas a la sostenibilidad de los procesos productivos (Mussatto, 2014).

Se demostró que la integración de residuos cerveceros en biodigestores comunitarios no solo genera electricidad, sino que también produce fertilizantes orgánicos, cerrando ciclos de nutrientes y reduciendo la dependencia de insumos químicos (Martínez y Ramírez, 2022).

En un estudio más reciente, se subrayó que la circularidad en la agroindustria fortalece la resiliencia de las cadenas productivas frente a crisis energéticas y climáticas, mostrando que la sostenibilidad puede ser también una estrategia de competitividad (Torres y Aguilar, 2024).

Finalmente, la industria textil, una de las más contaminantes del mundo, ha comenzado a explorar la producción de biogás a partir de residuos de fibras mediante digestión anaeróbica.

Los residuos textiles, también, pueden convertirse en energía renovable, conectando la

economía circular con un sector clave de la economía global y mostrando que incluso los desechos más problemáticos pueden resignificarse como recursos. Se analizó la digestión anaerobia de fibras de algodón y poliéster, encontrando que la mezcla con residuos alimentarios mejora la producción de metano (García y Martínez, 2020).

La valorización energética de residuos textiles reduce la presión sobre rellenos sanitarios y disminuye emisiones de gases de efecto invernadero (Pérez y Hernández, 2023).

Más recientemente, se demostró que la integración de residuos textiles en biodigestores urbanos puede generar electricidad suficiente para abastecer pequeñas comunidades, mostrando que la circularidad puede transformar uno de los sectores más contaminantes en fuente de energía limpia (Ramírez y Delgado, 2025). Lo planteado se resume en la tabla 1, a continuación.

Tabla 1
Comparación de recursos energéticos circulares

Producto	Origen	Producto energético	Beneficios ambientales	Beneficios sociales patrimoniales	Desafíos principales
Nopal	Cultivo tradicional adaptado a zonas áridas	Biogás en biodigestores	Reduce emisiones de GEI; aprovecha residuos agrícolas	Fortalece soberanía alimentaria y energética; símbolo cultural resignificado	Escalar proyectos piloto; mejorar eficiencia; sensibilización comunitaria
Biodigestores caseros	Dispositivos de digestión anaerobia	Gas para cocinar, electricidad, fertilizantes	Disminuyen emisiones de metano; aprovechan residuos orgánicos	Autonomía energética comunitaria; reducción de costos	Capacitación comunitaria; adaptación a contextos diversos; políticas de difusión
Aceite de cocina usado	Residuo urbano altamente contaminante	Biodiésel mediante trans esterificación	Reduce contaminación de agua y suelos; menor CO_2 que el diésel convencional	Revaloriza residuos urbanos; fomenta prácticas circulares	Recolección eficiente; infraestructura de reciclaje; costos de procesamiento
Residuos textiles	Desechos de fibras de la industria textil	Biogás por digestión anaerobia	Disminuye impacto de uno de los sectores más contaminantes	Vincula economía circular con sector global clave	Escalabilidad; separación de residuos; aceptación industrial
Lirio acuático	Planta invasora en cuerpos de agua	Biocarbón mediante pirólisis solar	Reduce proliferación de plagas acuáticas; aprovecha biomasa	Solución local para comunidades rurales; bajo costo	Escalabilidad; difusión tecnológica; mantenimiento de reactores
Algas	Biomasa marina y dulceacuícola	Biodiésel, bioetanol y biogás	Capturan CO_2; alta productividad energética	Potencial para acuicultura y comunidades costeras	Costos de cultivo y procesamiento; infraestructura
Posos de café	Residuos urbanos de cafeterías y hogares	Biodiésel y pellets de biomasa	Aprovechan desechos urbanos; reducen emisiones	Revalorizan un residuo cotidiano; economía circular urbana	Recolección masiva; costos de transformación
Cáscaras	Residuos agrícolas y domésticos	Biogás y bioetanol	Disminuyen residuos orgánicos; fertilizantes secundarios	Integración en granjas familiares; bajo costo	Separación eficiente; escalabilidad
Cerveza	Subproductos de la industria cervecera (bagazo, levaduras)	Biogás y bioetanol	Reduce impacto de residuos industriales; aprovecha biomasa	Vincula economía circular con industria alimentaria	Escalabilidad industrial; costos de digestión

Fuente: Elaboración propia

La clave transcompleja de estos ejemplos se encuentra en la capacidad de mirar un mismo recurso desde distintas necesidades y posibilidades.

El nopal, las algas, el lirio acuático, el aceite usado o los residuos textiles dejan de ser vistos únicamente como cultivos, desechos o problemas ambientales para convertirse en alternativas complementarias que pueden generar energía, reducir desperdicios y aportar beneficios a la población.

Cada experiencia muestra que las soluciones no surgen de un solo campo de conocimiento, sino del encuentro entre las condiciones del territorio, los recursos disponibles, la experiencia de las personas y los avances tecnológicos. Por ello, la producción de energía se relaciona también con aspectos ambientales, sociales y culturales que forman parte de una misma realidad.

Impactos sociales y patrimoniales de la energía limpia como tendencia de la economía circular

La economía circular como generadora de energía limpia, cuando se observa desde sus impactos sociales y patrimoniales, revela un entramado transcomplejo, más allá de la simple reutilización de residuos. Se trata de un proceso que

transforma las relaciones comunitarias, resignifica símbolos culturales y abre caminos hacia la justicia ambiental y social.

Uno de los impactos más visibles es la autonomía energética comunitaria. Tecnologías como los biodigestores caseros, el aprovechamiento del nopal o la transformación de residuos urbanos en biocombustibles permiten que comunidades rurales y urbanas reduzcan su dependencia de combustibles fósiles y de sistemas centralizados de energía.

Se documentó que la implementación de biodigestores en comunidades rurales mexicanas disminuye costos energéticos y fortalece la capacidad de las familias para enfrentar crisis económicas y climáticas INEEL (2020).

Este tipo de autonomía energética se convierte en un factor de resiliencia social, pues permite que las comunidades gestionen sus propios recursos y se adapten a contextos de incertidumbre, tal como se observa en la figura 7, a continuación.

Figura 7. Economía Circular
Fuente: Generada por IA Copilot

Al transformar residuos en energía, se reduce la presión sobre rellenos sanitarios y sistemas de recolección, lo que mejora la calidad de vida en barrios urbanos y comunidades rurales. La valorización energética de residuos alimentarios en biodigestores urbanos disminuye la contaminación y genera empleo verde, integrando sostenibilidad con desarrollo económico local.

La revalorización patrimonial de recursos culturales es igualmente significativa. El caso del nopal es paradigmático: una planta profundamente

arraigada en la identidad mexicana se convierte en fuente de energía, resignificando su papel en la vida cotidiana y en la transición hacia la sostenibilidad. Este tipo de resignificación patrimonial se inscribe en la transcomplejidad, pues complementa dimensiones simbólicas, sociales y técnicas en un mismo proceso.

La economía circular al generar energía alternativa también genera impactos educativos y culturales. La implementación de tecnologías circulares en comunidades y escuelas abre espacios de aprendizaje donde los niños y jóvenes comprenden la importancia de la sostenibilidad y la justicia ambiental. Los programas educativos que incluyen biodigestores y proyectos de reciclaje energético fortalecen la conciencia ambiental y promueven valores de responsabilidad comunitaria (García y Martínez, 2025).

Desde esta perspectiva, la circularidad actúa como una herramienta educativa diseñada para desarrollar ciudadanos en relación con una sociedad

más consciente y comprometida, cuidando del planeta. En el entorno urbano, cambia los hábitos diarios y redefine las prácticas domésticas. El reciclaje de aceite de cocina, la valorización de los posos de café o la fermentación de cáscaras de frutas ilustran cómo incorporar la economía circular en la vida diaria de las ciudades.

Los sistemas de recolección de aceite doméstico en las ciudades mexicanas generan biodiésel y conforman redes comunitarias de cooperación y empleo. Este tipo de iniciativas urbanas muestran que estas experiencias no son exclusivas de contextos rurales, sino que puede transformar la vida en barrios y comunidades urbanas (Hernández y Ramírez, 2023).

La industria también se ve impactada. La agroindustria cervecera y la industria textil, al transformar sus residuos en energía, muestran que la economía circular puede integrarse en cadenas productivas de gran escala. La integración de residuos cerveceros en biodigestores comunitarios

produce electricidad y fertilizantes, cerrando ciclos de nutrientes y reduciendo la dependencia de insumos químicos (Martínez y Ramírez, 2022).

La valorización energética de residuos textiles reduce emisiones y genera electricidad suficiente para abastecer pequeñas comunidades. Estos casos muestran que puede transformar sectores industriales altamente contaminantes en fuentes de sostenibilidad (Pérez y Hernández, 2023).

Al transformar residuos en recursos, se reduce la presión sobre ecosistemas y se garantiza que las futuras generaciones puedan acceder a un entorno más limpio y sostenible. La integración de residuos de frutas en biodigestores urbanos no solo genera energía, sino que también contribuye a la gestión sostenible de residuos, asegurando un futuro más justo para las próximas generaciones.

La autonomía comunitaria, la justicia ambiental y social, la revalorización del patrimonio, la educación, la transformación de hábitos urbanos, la innovación industrial y la justicia intergeneracional

son dimensiones que muestran cómo la circularidad se convierte en un paradigma ecosófico y transcomplejo. Este enfoque no solo transforma residuos en energía, sino que también resignifica la relación de las sociedades con su entorno, fortaleciendo la cohesión comunitaria y abriendo caminos hacia la sostenibilidad y la justicia.

III. ECOINNOVACIÓN EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Arelis Josefina Hernández Blanco[4]

La ecoinnovación es una tendencia en la economía circular en tanto promueve innovaciones que reducen impactos ambientales y reconfiguran procesos, productos y modelos de gestión. Busca, así mismo, diversificar la innovación en todas las áreas de competencias para armonizar el comportamiento del ser humano con la naturaleza, para que logre alcanzar altos niveles de responsabilidad en los procesos de producción de los recursos naturales renovables, no renovables y materiales en todo el sistema de procesos de realización con el mínimo impacto ambiental.

La economía circular busca mantener el valor de los productos, materiales y recursos durante más tiempo, reduciendo residuos y cerrando ciclos. En este marco la ecoinnovación aporta soluciones como ecodiseños, reutilización, remanufactura, cambios

en modelos de negocios y nuevas formas de organización. No obstante, es un concepto amplio que puede aplicarse, también, a la eficacia energética, tecnologías limpias o gestión ambiental.

Cabe destacar que para llegar a este punto en la innovación ha sido preciso diversas investigaciones y prácticas en el mundo con la intención de profundizar cómo hacer y hasta dónde es posible mitigar las malas prácticas humanas, por los saldos negativos hacia la naturaleza.

De allí, la urgencia de salir de la linealidad y pasar a otros modos de innovación no lineal, que tenga su efecto en todos los procesos a favor del equilibrio ecológico, para que de manera efectiva se logre proteger el valor de los productos y vida útil; es decir, transformar la mirada de la innovación pasiva a la ecoinnovación sostenible; de la economía lineal a la circular. En correspondencia el propósito del capítulo es analizar la relevancia de la ecoinnovación en la sostenibilidad ambiental.

Ecoinnovación como tendencias de la economía circular

De acuerdo con Saint Gobain (2017) la eco-innovación impulsa el desarrollo sostenible mediante productos y procesos que optimizan el uso de recursos naturales y minimizan el impacto ambiental. Para Fundación Oxfam Intermón (2017) la ecoinnovación, también llamada **innovación ecológica**, consiste en el desarrollo de productos y formas de trabajar que contribuyan al desarrollo sostenible, es decir, aprovechando los recursos del planeta, pero asegurando su regeneración para mantenerlos en un nivel adecuado.

En ese mismo sentido, la ecoinnovación para ATRIA (2020) hace referencia al desarrollo de nuevos productos o procesos productivos, o incluso modelos de negocio, que tienen un bajo impacto ambiental durante el transcurso de su ciclo de vida. Para, Rovira et al (2017, p.18) “Es importante que se promuevan las innovaciones

correctas, es decir, aquellas que abran nuevos caminos para abordar los problemas ambientales actuales y futuros, y propongan vías para reducir el consumo de energía y recursos". Mollenhauer y Candela (2022, p.266) "… agrega de manera explícita la necesidad de considerar el enfoque de ciclo de vida en el análisis sobre el impacto ambiental.

Bajo esa premisa es vital resaltar los aportes del sector empresarial conforme a los fundamentos de la ecoinnovación de acuerdo con la experiencia de cuatro países que, a continuación, se detalla, en la tabla 2.

Tabla 2
Aportes del sector empresarial

País	Perfiles empresariales en la ecoinnovación
Brasil Queiroz y Peyré, 2022	- 2012-2014 de la Pintec 47.638 empresas, de las cuales en el 40,2% la innovación permitió una reducción del impacto ambiental, con alta o mediana relevancia. 2008- 2014, hubo un aumento gradual del número de las ecoinno.

	Más de la mitad, 57,4% de estas son pequeñas empresas (desde 10 hasta 29 empleados) La participación de las grandes (más de 250 empleados) suman un 70%.
Colombia Aguilar et al, 2021	-Aplica políticas de eco - innovación: Uso eficiente de energía, a través de biocombustibles Producción sostenible basada en el análisis del ciclo de vida de los productos Específicamente café como referente
España Compromiso RSE, 2026	-93 empresas medianas y grandes de sectores estratégicos de la industria manufacturera Aplicación y comunicación de estrategias de ecoinnovación
México Pinzón et al, 2020	-Incremento de las prácticas de eco-innovación -Industria automotriz -Regulaciones medioambientales con mayores requerimientos en sustentabilidad

Fuente: Elaboración propia

Es evidente que el mundo avanza en las tendencias que permiten minimizar los impactos negativos en el ambiente, tal es el caso de la ecoinnovación. En tal sentido la responsabilidad hacia la sostenibilidad se está propagando en las economías, porque no todas las innovaciones cumplen con estos parámetros. Pese a los serios

problemas ambientales que se han agudizado; sin embargo, existen acuerdos internacionales, esfuerzos y financiamientos en diversos países suscritos en la Agenda Mundial 2030 a favor los compromisos adquiridos, en el beneficio del planeta.

Según Rovira et al. (2017) el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente está desarrollando desde mediados del año 2015 dos proyectos piloto de ecoinnovación en Pymes en Perú y Colombia. Es decir, hay un despertar en Latinoamérica con relación a modelos de negocios que garanticen la sostenibilidad ambiental. Para Cervera y Ureña CEPAL (2017, p.44) señalan:

> …una eco-innovación o innovación verde se puede definir como la introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio), de un proceso, … método de comercialización o de un … método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores, que genera beneficios ambientales en comparación con otras alternativas". .En consecuencia, desde

estas perspectivas, se alinea de manera transcendental y directa con los procesos medulares de la economía circular.

The Conversatión (2024) señala uno de los elementos clave de la transición hacia la economía circular es la ecoinnovación. Es decir, aquellas innovaciones que reducen el impacto ambiental, ya sea mejorando los procesos de producción, creando productos sostenibles o potenciando pautas de consumo circulares. Asimismo, las prácticas de economía circular (EC) y las prácticas de eco-innovación (EI) son dos de las estrategias más adoptadas por las empresas industriales para abordar los cambios en materia de sostenibilidad.

Para Zottele y Nájera (2022, p.4) “Mientras la economía circular se caracteriza por la reducción del uso de materias primas, por reciclar desechos o reutilizar los componentes. Desde esa perspectiva se extiende la vida útil y el valor de los bienes, mejorando los elementos y recursos a partir de su reutilización”. Para la Fundación Politécnica Innova

y Acción (2021) estas iniciativas implican casi siempre la **reconfiguración de los modelos de negocio**, otra tendencia de la economía circular; lo cual pasa necesariamente por la adopción de los principios de la ecoinnovación o del ecodiseño, otra escuela de pensamiento de la economía circular.

La ecoinnovación le garantiza a la economía circular el uso propicio de los recursos naturales y su vinculación con la tecnología, facilita y multiplica todas posibilidades para la adecuación correcta de la circularidad de los productos en su cadena de valor y utilidad, frenando a su vez, los impactos negativos que pongan en riesgos los ecosistemas.

Cabe destacar, que toma en consideración los preceptos, éticos para llevar a cabo el desarrollo de estrategias comunicacionales desde la gobernanza, el sector privado y todo ente no gubernamental que trabaja a favor de la naturaleza, para lograr alcanzar niveles de acuerdos y alianzas estratégicas para

poder materializar la ecoinnovación en todos los modelos de negocios, con el seguimiento que corresponda y que los resultados sean mostrados a toda la ciudadanía como motivación hacia el resguardo del planeta..

Sostenibilidad ambiental como economía circular

Para Villegas (2024, p.2) “Lo sostenible abarca aspectos amplios y profundos que buscan un cambio integral en diferentes dimensiones, soportable en lo ecológico, viable en lo económico y equitativo en lo social.” Al respecto, Arena (2023, p.194) señala que “La sostenibilidad es un concepto vinculado a la solvencia y, por lo tanto, a la capacidad de cumplir los mandatos de la protección social y sus compromisos con las generaciones actuales y futuras”. En misma dirección, para Dávila (2025, p.7) “La sostenibilidad trata de proteger el planeta, frenar el cambio climático e impulsar el desarrollo social, sin que se ponga en peligro la vida sobre la Tierra y sin dejar a nadie atrás”.

Tales planteamientos permiten reflexionar acerca del reconocimiento y la importancia que amerita la sostenibilidad como un valor universal, que va más allá de lo económico y social, se trata de mantener el equilibrio ambiental para las generaciones actuales y venideras. En ese sentido, cada ser humano debe asumirlo con responsabilidad, independientemente de su nivel cognitivo, académico, familiar, raza, sexo y espacio laboral, ya que es necesario que la raza humana aporte al cuidado del planeta,

Desde esa perspectiva es necesario cambiar el pensamiento sobre el consumo de los recursos naturales, productos y materiales como ser humano, familia, comunidad, sector productivo y por ende como colectividad en general. En consecuencia, es urgente revisar el consumismo exagerado, pese a tanta información actualizada que día a día se genera a través de la tecnología, mediante investigaciones y resultados negativos que han impactado al ambiente; sin embargo, aún millones

de seres humanos no han reaccionado como se espera de manera positiva ante tantos acontecimientos adversos ambientales.

Para Ciencia UANL (2023) esto implica que, además de la fabricación y el uso masivo, se adquieren bienes innecesarios, no tanto por su utilidad, sino con el fin de satisfacer el deseo de adoptar un estilo de vida y alcanzar un estatus social. De allí es necesario tomar decisiones desde varias dimensiones.

Desde lo individual.

-Frente a la crisis ambiental mundial, asumir una nueva forma de pensar sobre las necesidades de cada ser humano por comprar bienes innecesarios, que por ende, genera el agotamiento vertiginoso de la naturaleza y agudiza la contaminación masiva. La tarea es extender la vida útil de los bienes y productos.

-Modificar la actuación diaria, del hábito pasivo al proactivo para preservar el ambiente todos los días independientemente del radio de acción que

desempeñe cada individuo, espacio, labor y acción permanente. En ese mismo orden de ideas, Naciones Unidas (2022) señala estamos utilizando el equivalente a 1,6 planeta Tierra para mantener el actual modo de vida y los ecosistemas no pueden seguir el ritmo de estas demandas. Esta información debe ser analizada e invita a reflexionar con acciones congruente y consiente de acuerdo a las necesidades de los bienes y materiales que se requieren.

Desde la familia.

-Cambiar la estrategia de consumo de productos, materiales y enseres superfluos del hogar, alargando la vía útil., reciclando y reutilizando para frenar los desperdicios.

-Ser parte de actividades educativas y prácticas en diferentes áreas que neutralicen la depredación del planeta. Es decir, el compromiso es sistémico, en tal sentido.

Desde la comunidad.

-Aprovechar las oportunidades que ofrece la economía circular para diversificar el poder

adquisitivo desde espacios comunes y en trabajo en equipo, quienes, organizados en empresas comunitarias, legalmente constituidas logren rediseñar reducir, reciclar, reparar, recuperar y entre otras actuaciones que les permitan generar beneficios económico, pero además se logre el equilibrio ecológico. Al respecto, Villegas (2024) señala, es decir, procurar que tanto las materias primas, como los productos y recursos se mantengan dentro del ciclo productivo el mayor tiempo posible. Asimismo, desde la gobernanza y diferentes sectores no gubernamentales.

-Pese a los problemas devastadores ambientales, a nivel internacional a través de la Agenda Ambiental 2030, entes públicos, privados, no gubernamentales, profesionales y expertos en las áreas ambientales, están en disposición para el desarrollo de proyectos ecoinnovadores, economía circular, campañas del resguardo al planeta, eventos académicos teóricos y prácticos que propician el equilibrio y sostenibilidad ambiental.

Finalmente es un compromiso humano reconocer y repensar para actuar a favor del planeta, ya que es responsabilidad de todos sus habitantes. Además, las prácticas diarias cuentan y deben transformarse para contribuir a mitigar los riesgos de destrucción acelerada del planeta. En tal sentido, El capítulo es una exhortación a la ciudadanía a sumar esfuerzos desde la transversalidad de la ecoinnovación en la sostenibilidad ambiental, tal como lo muestra la figura 8, a continuación.

LA SOSTENIBILIDAD COMO VALOR UNIVERSAL
ECOINNOVACIÓN
ECONOMÍA CIRCULAR
-Contempla el ecodiseño
-Reducción de emisiones de C02
- Reemplazo de materiales contaminantes
-Utiliza tecnologías limpias
-Optimizar el reciclaje de productos y materiales
-Reduce de polución del agua, tierra y aire
-Mejora la rentabilidad y competitividad
-Es un modelo de negocio no lineal
-Prioriza la eficiencia en el uso de los recursos: recicla, reordena, reutiliza, comparte, alquila, repara, rediseña con miras a mantener el valor de los productos y materiales con mayor vida útil, para minimizar la generación de residuos
-Propicia el equilibrio ecológico
-Promueve actividades ecoturísticas
2030

Figura 8. Transversalidad de ecoinnovación en la sostenibilidad ambiental
Elaboración propia

IV. IA SUSTENTABLE Y EL FUTURO TECNOLÓGICO OCEÁNICO

Alba María Torres Padrón[4]

En la era de la transformación digital, la Inteligencia Artificial (IA) se ha consolidado como tendencia estratégica de la economía circular, al potenciar la optimización de recurso, la reducción de desperdicio y la mejora de los procesos de reutilización y reciclaje. Sin embargo, detrás de la inmaterialidad de los algoritmos y los datos en la nube, existe una realidad física ineludible: una infraestructura terrestre colosal compuesta por centros de datos que demandan volúmenes críticos de energía eléctrica y agua dulce para su refrigeración.

Para comprender el alcance del capítulo, es necesario definir la Inteligencia Artificial, en este sentido Rouhiainen (2018, p.7) indica que es “la

[4]Doctora en Ciencias Administrativas, Magíster Scientarum en Finanzas, Docente Universitario categoría Agregado (UNEG), Certificada en NIIF, Profesora de Criptoactivos, Minería y Blockchain (UGMA), Venezuela. Albatorres_69hotmail.com

habilidad de las computadoras y de los sistemas informáticos para imitar los procesos de inteligencia humana, que incluyen el aprendizaje, el razonamiento y la autocorrección". De este modo, estos sistemas no solo ejecutan instrucciones estáticas, sino que procesan volúmenes masivos de datos para simular capacidades cognitivas complejas como el aprendizaje, el razonamiento y la optimización.

Los modelos de IA Generativa y el procesamiento de alto rendimiento requieren una capacidad de cómputo exponencial, lo que se traduce de manera directa en fábricas de servidores operando las 24 horas del día. La IA está transformando el mundo, pero su apetito eléctrico y su huella hídrica (para refrigeración) en los centros de datos terrestres están saturando las huellas globales.

El capítulo establece una convergencia entre la IA, computación de alto rendimiento, las energías renovables marinas y la sostenibilidad de la

infraestructura digital. La vinculación de estos conceptos con la economía circular representa un enfoque innovador, debido a que normalmente se piensa en esta para ser empleada en recursos físicos (plásticos, metales), pero la infraestructura de datos y la energía también pueden gestionarse bajo estos principios, optimizando el uso del espacio terrestre. En tal sentido es imperativo definir también a la economía circular, de acuerdo con Horvath, Bahna y Fogarassy (2023, p.10) constituye:

> Una alternativa para el cambio de paradigma de un modelo de negocio lineal que incluía la extracción de recursos y una acelerada generación de residuos hacia un modelo circular que permite la prevención del desperdicio de materiales y el reintegro de estos al sistema de producción y consumo sostenibles.

La economía circular representa el intento más reciente de integración entre la actividad económica y los recursos del medio ambiente, mediante la promoción y desarrollo de un modelo sostenible que

coadyuva a las empresas y países del mundo con las metas trazadas en la agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

No se trata solo de gestionar desechos tangibles, sino de armonizar de forma no lineal los ciclos biofísicos de la naturaleza con los flujos virtuales y energéticos de la sociedad virtual. Al cruzar la economía circular con la infraestructura oceánica de IA dejamos de observar este proyecto simplemente como “tecnología que usa energía marina” y pasamos a observarlo como un “ecosistema complejo” donde la tecnosfera (los bits y algoritmos) y la biosfera (los ciclos del océano) se integran en una simbiosis multidimensional.

La revolución tecnológica actual demanda una cantidad de energía eléctrica que las redes terrestres ya no pueden soportar de manera sostenible. Debido a esta crisis, surgen propuestas innovadoras que trasladan los centros de datos al corazón del mar para aprovechar su fuerza inagotable. Al respecto La revista Forbes (2026) señala lo siguiente:

> El océano podría convertirse en una de las mayores fuentes de energía renovable del planeta. En esa carrera, la empresa estadounidense Panthalassa ha desarrollado Ocean-2, un innovador dispositivo flotante que transforma el movimiento de las olas en electricidad, con resultados prometedores en sus primeras pruebas en la costa del Pacífico. El sistema Ocean-2 representa una nueva generación de convertidores undimotrices diseñados para integrarse en el entorno marino en lugar de resistirlo.

El dispositivo Ocean-2 en lugar de saturar la tierra firme, la electricidad generada por este sistema undimotriz se queda a bordo para alimentar directamente chips de Inteligencia Artificial y supercomputadores de computación en la nube en pleno alta mar. En tal sentido la energía undimotriz de acuerdo con la Universidad Internacional de Valencia (2024) se define como “aquella producida por la energía cinética de las olas. Procedente del latín *unda*, que significa onda u “ola” y de la palabra motriz, que hace referencia a “movimiento”. Con esta

iniciativa la empresa Panthalassa lidera un cambio de paradigma con un diseño que promete transformar la relación entre la IA y el medio ambiente.

Sin embargo, la empresa estadounidense no está sola en esta apuesta. Según lo indican Hernández y Méndez (2022, p.27) “el ecosistema de energía undimotriz viene consolidándose en el presente siglo con proyectos en múltiples geografías: Alemania, Australia, Brasil, Chile, China, Corea del Sur, Dinamarca, España y Estados Unidos”. Aunado a esto existe la voluntad política, el apoyo gubernamental, las investigaciones e innovaciones y el interés de potenciales inversionistas, que conjugados permitirán el desarrollo de la energía oceánica en general y la undimotriz en lo particular.

Al integrar la infraestructura digital directamente con las energías renovables marinas y los ecosistemas oceánicos, se abre paso a una nueva confluencia donde la alta tecnología y la

preservación planetaria coexisten en un mismo espacio físico. Siendo el objetivo de este estudio, analizar el papel de la Inteligencia Artificial Sustentable y la Economía Circular en el desarrollo de una nueva infraestructura tecnológica oceánica.

Inteligencia Artificial Sustentable

Los desafíos ambientales constituyen un llamado de urgencia para reorientar la investigación e innovación tecnológica hacia un compromiso con la sostenibilidad. En el debate científico actual, Purvis, Mao y Robinson (2019, p.682) plantean que la sostenibilidad debe entenderse como "el estado dinámico de equilibrio global en el que los sistemas económicos y sociales interactúan con el medio ambiente de forma que no se comprometa la integridad ni la capacidad regenerativa de los ecosistemas planetarios a largo plazo." Esta perspectiva contemporánea supera la vieja noción del desarrollo como un crecimiento lineal indefinido y la sitúa en el ámbito de la interdependencia sistémica.

En el campo de la IA no debe evadirse la responsabilidad de articular un desarrollo sostenible en términos integrales. Es así como en el marco de la responsabilidad ecológica digital que Wynsberghe (2021, p.214) define la IAS como “un movimiento que abarca a todo el ciclo de vida de los sistemas de IA (desde el entrenamiento hasta el ajuste, la inferencia y el desecho) y que busca hacer sostenible este ciclo de vida en sí mismo, al tiempo que utiliza la IA para promover los objetivos de sostenibilidad global”. Se debe ir más allá de una IA para la sostenibilidad y proponer una IAS más significativa e integral.

Esta conceptualización evidencia que una IA verdaderamente sostenible no se limita únicamente a ser una herramienta de software orientada a resolver problemas del medio ambiente. Por el contrario, exige una transformación radical en su infraestructura física, demandando que el propio procesamiento de los algoritmos reduzca a cero su huella de carbono, optimice el uso energético y

prescinda del consumo consuntivo de recursos vitales en los territorios continentales.

La Inteligencia Artificial Sostenible, IAS (también conocida en el ámbito académico como Green AI o IA Verde) es un enfoque que redefine todo el ciclo de vida de la tecnología digital bajo los límites ecológicos del planeta. No se limita únicamente a utilizar la IA para resolver problemas ambientales, como optimizar rutas de reciclaje o predecir el cambio climático, sino que exige que la propia creación, el entrenamiento y el funcionamiento de la IA sean ecológicamente eficientes. Al desglosar la operatividad de este paradigma, Schwartz, Dodge y otros (2020, p.55) señalan que:

> Una IAS debe fundamentarse en la optimización de los recursos de cómputo, promoviendo resultados que consideren el costo ambiental del procesamiento. A partir de esta premisa la IAS se sostiene en dos pilares operacionales interconectados: (a) la eficiencia algorítmica; centrada en el diseño y

> desarrollo de modelos matemáticos con menor cantidad de operaciones, reduciendo así la demanda directa sobre el hardware y (b) la sustentabilidad de la infraestructura; enfocada en asegurar que el soporte físico y los centros de datos se alimenten de fuentes energéticas 100% renovables y usen sistemas de enfriamiento que no degraden los recursos locales.

Es aquí, en la búsqueda de una infraestructura física que no dañe el entorno, donde la IAS encuentra su alianza perfecta con la economía circular y los espacios marinos.

Economía circular

Para comprender el impacto disruptivo de la infraestructura tecnológica oceánica, la economía circular (reducir, reutilizar y reciclar materiales físicos), se define como un paradigma emergente, holístico y multidimensional que entiende que los flujos de recursos, energía, información y conocimiento están profundamente interconectados en una red de realidades cambiantes y no lineales.

En el contexto de la era digital, este enfoque supera la simple gestión de desechos tangibles; se trata de armonizar de forma orgánica y simbiótica los ciclos biofísicos de la naturaleza con los flujos virtuales y energéticos de las nuevas tecnologías. La **IA** se ha convertido en una **tendencia clave** para la economía circular porque actúa como catalizador fundamental en la transición desde el modelo lineal de usar y usar hacia uno circular, basado en reducir, reutilizar y reciclar. Su potencial se despliega en varias áreas claves:

-Optimización de recursos y reducción de residuos.

-Rediseño de productos y modelos de negocios.

-Optimización de infraestructuras y cadenas de suministros.

Si la economía es la clave para un futuro sostenible y competitivo, la IA es el motor que lo hace posible a gran escala.

El futuro tecnológico oceánico global

El traslado de la infraestructura digital hacia los entornos marinos ha dejado de ser una alternativa de mitigación sectorial para convertirse en el vector geopolítico y científico más estratégico de la IAS. Desde la perspectiva de la economía circular, este fenómeno es una reconfiguración ecosistémica donde la tecnosfera y la hidrosfera se integran en un flujo continuo de energía y datos. Al respecto, el panorama global se divide en dos grandes enfoques de diseño e investigación de frontera:

El eje norteamericano: autonomía flotante y cosecha de energía undimotriz.

La estrategia de desarrollo en este contexto se ha orientado hacia la descentralización extrema a través de infraestructuras modulares flotantes o semisumergibles en alta mar. El máximo exponente científico de este enfoque es la empresa Panthalassa, a través del despliegue de sus prototipos de nodos flotantes automatizados (como el Ocean-2).

De acuerdo con el reporte de ingeniería de King (2026, p.45), el diseño de estas estructuras de hasta 85 metros responde a la premisa de “ir hasta donde está la energía, co-ubicando la carga de cómputo de la IA en el corazón de los sistemas de generación undimotriz”. En consecuencia, el movimiento ondulatorio del océano fuerza el paso del agua a través de turbinas internas que generan electricidad continua in situ.

Al procesar los datos de la IA en el mismo punto de captación energética y transmitir los resultados vía satélite, este modelo suprime por completo la ineficiencia termodinámica y el costo de infraestructura asociados al transporte de electricidad mediante cableado submarino de alta tensión hacia la costa. Asimismo, la masa marina actúa como un sumidero térmico pasivo constante, cerrando un ciclo metabólico industrial con un impacto de carbono operativo neto igual a cero.

El eje asiático*:* megacentros submarinos y eficiencia termodinámica*.* En contraposición,

potencias como China han apostado por la inmersión a gran escala de centros de datos submarinos (UDC por sus siglas en inglés) fijos en el lecho marino costero. Tal como lo reseña la empresa marina Offshore Oil Engineering Company (COOEC), filial de China Communications Construction Company (2022, p.1) "con la construcción de cabinas de datos a gran escala y los patines refrigerantes en el puerto de la zona industrial de Tianjin Lingang, antes de ser desplegados en alta mar, para satisfacer la creciente demanda de infraestructura informática".

Esta vertiente responde a una rigorosa planificación de ecología industrial urbana y optimización de recursos. Según lo indica Judge (2022, p.1):

> Las cabinas fabricadas en Tianjin fueron trasladadas e instaladas en el fondo del mar por la empresa Beijing Highlander Digital Technology, destacando el despliegue del proyecto comercial en las costas de Hainan (constituyendo el primer centro de datos submarino comercial del mundo) y en las costas de

Shangai (pionero por ser el primero en el mundo en alimentarse al 100% con energía eólica).

Desde la perspectiva de la infraestructura digital sostenible, los informes técnicos de este complejo demuestran que la refrigeración pasiva por agua permite reducir el consumo energético de enfriamiento de manera drástica en comparación con las instalaciones terrestres. Estas infraestructuras aprovechan las bajas temperaturas del agua profunda para una refrigeración pasiva por convección.

Asimismo, estas infraestructuras aprovechan que el llenado de los contenedores con gas nitrógeno previene la corrosión del hardware al eliminar el oxígeno y la humedad fluctuante. Este diseño no solo optimiza la eficiencia térmica, sino que elimina por completo la huella hídrica de la IA al prescindir del agua dulce de las torres de refrigeración continentales, integrando la

infraestructura de cómputo directamente con la energía eólica marina costera.

El eje europeo: soberanía de datos y economía de proximidad. Aborda el futuro tecnológico oceánico combinando las normativas ambientales de su marco regulatorio con la necesidad de soberanía digital. El gran referente histórico en esta región fue el Proyecto Natick de Microsoft, cuyos módulos experimentales fueron en el centro de investigación de energía marina de las Islas Orcadas, en Escocia. En tal sentido la empresa Microsoft (2020, p.1) a través de su medio de prensa digital reporta lo siguiente:

> En 2018, bajo el nombre “Project Natick”, Microsoft desplegó el Centro de Datos Northern Isles a 36 metros de profundidad en lecho oceánico y, durante los dos años siguientes, probó y supervisó el rendimiento y la fiabilidad de los servidores en esa condición tan peculiar. Para conservar los servidores, los investigadores rellenaron la atmósfera del contenedor con nitrógeno, así que, a diferencia de un centro de datos

> convencional, el *Northern Isles* no contaba con refrigeración activa, sino que toda la refrigeración que obtenía provenía de las frías aguas del norte de Escocia y era distribuida con mayor eficacia internamente, gracias al nitrógeno.

Tras la recuperación y evaluación de capsulas, los resultados de ingeniería demostraron que los entornos submarinos cerrados multiplican la confiabilidad del hardware en comparación con los centros de datos en tierra, principalmente gracias a la estabilidad térmica del fondo marino y al llenado de los contenedores con atmosfera de nitrógeno, lo que elimina el desgaste físico.

Asimismo, el modelo europeo se proyecta bajo el enfoque de la computación de proximidad o **Edge Computing** (o computación de proximidad o perimetral), que se considera **otra tendencia de la economía circular**, consiste en procesar y almacenar datos mas cerca de su origen en vez de enviarlos a centros de datos centralizados en la nube, favoreciendo la reducción de la latencia,

ahorrando ancho de banda y permitiendo respuestas en tiempo real.

El enfoque de Europa sobre el Edge Computing se centra en garantizar la soberanía tecnológica, la privacidad de los datos y la sostenibilidad. Según lo indica el IPCEI-CIS en un working paper (2021, p.3) “La Union Europea, UE busca liderar esta tecnología para evitar la dependencia de proveedores extranjeros mediante el desarrollo de una infraestructura descentralizada y segura”.

Siendo sus ejes estratégicos además de lograr: (a) La soberanía y confianza, a través del desarrollo de la primera plataforma de infraestructura y servicios de borde interoperable y nativa de la UE, se ha planteado, (b) La brújula digital; la UE se ha fijado como meta para el 2030 que el 75% de sus empresas utilicen tecnologías cloud-edge y (c) Regulación y privacidad, el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) y la Ley de IA de la UE condicionan el desarrollo del Edge AI.

La migración emergente de la infraestructura de cómputo hacia los entornos oceánicos, evidenciada en los enfoques de autonomía flotante y los megacentros submarinos fijos analizados a nivel global, demuestra que el futuro de la IA depende de su capacidad para integrarse de forma simbiótica con las dinámicas de la naturaleza.

Al aprovechar la refrigeración pasiva por agua profunda y la atmosfera interna de nitrógeno, la tecnología demuestra que es posible optimizar el rendimiento del hardware y suprimir el consumo crítico de agua dulce, transformando el desecho térmico en un ciclo de aprovechamiento energético.

Esta perspectiva exige concebir los centros de datos y los ecosistemas marinos como un tejido interconectado. La infraestructura digital deja de ser una entidad aislada que devora recursos continentales y pasa a ser un nodo metabólico que coexiste con las energías renovables (eólicas marina y undimotriz), propiciando una verdadera

valorización descentralizada que respeta los limites termodinámicos del planeta.

La gobernanza de estas tecnologías en espacios complejos como el litoral costero o las aguas internacionales demanda el despertar de una ecoconciencia descentralizada. Esta noción plantea que ni la ingeniería de sistemas, ni las ciencias del mar, ni las políticas ambientales por separado poseen la verdad absoluta para resolver los desafíos ecológicos de la era digital. Se requiere de un diálogo de saberes transdisciplinar y no lineal que anticipe los impactos térmicos residuales y regule los vacíos jurídicos globales, garantizando que el avance algorítmico no ocurra a expensas de la degradación de los bienes comunes de la humanidad.

V. TRANSFORMACIÓN DIGITAL: DESAFÍOS TECNOSOCIALES Y AMBIENTALES

Jesús Alonso Campos García[5]

Los flujos globales de datos imponen desafíos geográficos invisibles que reconfiguran las prioridades locales, puesto que el advenimiento de sistemas computacionales masivos ha introducido dilemas que superan la visión utilitaria del desarrollo técnico instrumental.

Ciertas dinámicas organizacionales pretenden ignorar los desequilibrios geográficos derivados de la adopción de nuevos sistemas tecnológicos. Las asimetrías de poder se manifiestan en la distribución de recursos físicos que sostienen el procesamiento algorítmico regional. Ante tal escenario, surgen reflexiones orientadas a cuestionar el rumbo de la **automatización** contemporánea, **como tendencia predominante de la economía circular.**

[5] Doctor en Ciencias Gerenciales. Docente de la Universidad de Oriente (UDO). profjcampos.udo@gmail.com. https://orcid.org/0000-0002-6004-6129

En consideración con el contexto descrito, el propósito del capítulo es examinar las implicaciones estructurales del despliegue tecnológico en Latinoamérica. Partiendo de lo anterior, pone el foco en abrir el debate sobre esquemas alternativos de gestión corporativa frente a la automatización, en aras de aportar respuestas a las demandas de la región.

El primer apartado examina el impacto físico derivado del almacenamiento virtual de datos mediante el análisis de infraestructuras energéticas, donde se discute sobre las repercusiones materiales que ejercen los servidores y dispositivos desechados en los ecosistemas locales, poniendo en primer plano la urgencia de reconfigurar los ciclos productivos del hardware bajo premisas de responsabilidad técnica.

Posteriormente, la mirada se vuelca hacia el acceso desigual a los recursos informáticos y la segregación comunitaria resultante, hecho que pone sobre la palestra la necesidad de construir espacios

formativos que promuevan la conciencia ecológica ciudadana frente a los dispositivos digitales.

Asimismo, el texto ofrece una aproximación a los modelos organizacionales idóneos para administrar los bienes informáticos bajo principios éticos, a través de la reestructuración de los liderazgos corporativos mediante esquemas flexibles aptos para coordinar la incertidumbre del flujo de datos.

Huella ecológica de la inmaterialidad tecnológica

La ilusión de la inmaterialidad digital se desvanece al confrontar la infraestructura física que sostiene el flujo de datos global. La metáfora de la "nube" oculta una densa red de centros de datos cuya demanda energética presiona de forma silenciosa las matrices eléctricas del orbe y, en especial, en las latinoamericanas. Por lo tanto, la sostenibilidad de este ecosistema tecnológico no depende de su naturaleza virtual, sino de la carga ecológica inmediata de la infraestructura eléctrica local que lo alimenta.

Ciertos análisis técnicos suelen pasar por alto que un servidor encendido en cualquier espacio de la región hereda la huella de carbono de su entorno geográfico (Vanderbauwhede, 2025). Si una matriz energética nacional depende de combustibles fósiles, la supuesta descarbonización digital resulta ser un mero espejismo contable, por ende, aquí radica un matiz interpretativo que los arquitectos de la política pública ambiental a menudo prefieren ignorar.

Todo el equipamiento que sustenta este entramado enfrenta un destino igual de problemático al finalizar su vida útil. La acumulación de residuos tecnológicos satura los vertederos debido a estrategias industriales de obsolescencia programada que aceleran el reemplazo de los dispositivos, de ahí que este acopio descontrolado convierte la disposición final de los equipos en una crisis ambiental crítica y sin una resolución institucional clara dentro de la región (Zambrano et al., 2022).

Frente a este panorama, la Economía Circular (EC) emerge como un marco conceptual propicio para redefinir el ciclo de los materiales informáticos, donde a través de la implementación de esquemas de responsabilidad extendida del productor, otra tendencia de la economía circular se buscaría fomentar que las empresas tecnológicas internalicen los costos de recolección. No obstante, la debilidad regulatoria del continente dilata la aplicación efectiva de estos principios de manufactura responsable.

Existe, asimismo, una dimensión invisible que se genera desde las líneas de código de las aplicaciones cotidianas. La arquitectura del software y el diseño de algoritmos ineficientes incrementan el procesamiento innecesario, demandando mayor electricidad en los servidores remotos. Se está frente a una contaminación algorítmica cuya mitigación requiere un cambio de paradigma en la ingeniería de sistemas, así como en la gestión de negocios.

La optimización de bases de datos mediante la corriente del “software verde” busca precisamente

mitigar este impacto oculto desde la concepción del programa (Torija et al., 2025). Esta perspectiva transforma el diseño algorítmico en una herramienta de responsabilidad ambiental, donde la eficiencia del código se traduce en un menor gasto energético.

Al depurar las funciones lógicas para que consuman menos recursos de cómputo, se reduce la huella de carbono digital de modo directo, por lo que pudiera inferirse que las pequeñas mejoras estructurales que se incorporen aliviarían la carga de infraestructura de manera inmediata.

Resulta evidente que el ecosistema digital latinoamericano no puede desligarse de sus condiciones materiales de producción y desecho, de modo que la superación del mito inmaterial exige entrelazar la eficiencia del código con la limpieza de la matriz eléctrica y el reciclaje del hardware, por lo que esta mirada sistémica permitirá calibrar el verdadero costo ambiental de la inserción en la sociedad de la información.

Brecha digital y dimensión social de la transformación tecnológica

El fenómeno de la asimetría en el acceso a las tecnologías tradicionales y emergentes ya no puede entenderse como un mero desfase técnico corregible por las fuerzas del mercado, puesto que, al adentrarse en la dimensión social de la praxis corporativa, se hace evidente que la conectividad constituye el sustrato mínimo sobre el cual se edifica la ciudadanía contemporánea.

En este sentido, resulta oportuno señalar que la periferia rural latinoamericana sufre un aislamiento que suelen invisibilizar las métricas globales. La literatura consultada indica que la inversión en infraestructura tecnológica sigue concentrada en un reducido número de países de la región, hecho que reitera las dificultades para una integración plena en la economía digital, así como para alcanzar mayor participación en la sociedad del conocimiento (Moya y Pinzón, 2025).

De cara a este escenario, las organizaciones con sentido de responsabilidad social necesitan replantear sus inversiones en infraestructura física y asumirlos como compromisos éticos impostergables. Ciertas estrategias orientadas a mitigar el aislamiento geográfico funcionan mejor cuando se diseñan en consonancia con las lógicas comunitarias preexistentes en la región. De esta forma, un despliegue técnico desprovisto de sensibilidad cultural corre el riesgo de naufragar, convirtiéndose en otra intervención absolutamente ineficaz.

La provisión de conectividad representa apenas el primer peldaño de un proceso que exige un esfuerzo intelectual mucho más exigente. Aquí es donde cobran vigencia campos de estudio emergentes, como el caso de la ecopedagogía crítica, que invita a “desmantelar estructuras de consumo arraigadas en la cultura técnica” (Campos, 2026, p. 37).

A partir de lo anterior, se podría decir que el propósito a alcanzar no se debe reducir estrictamente a instruir de manera mecánica en el manejo de dispositivos electrónicos de última generación, sino que el fin esencial debe enfocarse hacia el cultivo de una conciencia colectiva respecto a la huella ecológica y material del entorno digital actual.

Las empresas que operan a nivel regional poseen las herramientas necesarias para financiar espacios de aprendizaje donde se discuta el origen de los recursos. Dicho esto, el talento local no requiere una asimilación ciega de la digitalización, sino que, por el contrario, ésta debe trascender y posicionarse como un espacio de debate soberano.

Por otra parte, el avance de los sistemas automatizados introduce una variable de incertidumbre que influye sobre el tejido laboral de las economías emergentes (Ortiz, 2025). El desplazamiento de puestos de trabajo tradicionales por algoritmos de optimización matemática es un

proceso silencioso que ya muestra signos alarmantes, cuya afectación se extiende hacia sectores profesionales y operativos.

Frente a este escenario de desplazamiento, el diseño de planes corporativos de recapacitación laboral surge como una respuesta de mitigación directa y urgente, cuyo único fin debe ser proteger la estabilidad del trabajador, priorizando la dignidad humana por encima de los márgenes de rendimiento automatizado y deteniendo el desequilibrio técnico antes de que fracture la estructura social.

El destino de las comunidades, especialmente de aquellas más vulnerables, no está escrito en las líneas de código de ningún software. En consecuencia, la articulación de un entorno técnico equitativo depende de decisiones políticas tomadas por agentes humanos plenamente conscientes de su responsabilidad, que el desafío que se enfrenta consiste en subordinar la eficiencia corporativa a los valores éticos de una sociedad democrática.

Gobernanza de datos en los escenarios gerenciales de la región

La gobernanza en los entornos contemporáneos de la región exige un marco de gestión donde la dimensión ética, juntamente con la circularidad económica, dejan de ser meros apéndices normativos para convertirse en el eje vertebrador de la acción gerencial.

A partir de la perspectiva anterior, resulta necesario interrogar los modos en que las organizaciones abordan la incertidumbre tecnológica, especialmente al entrar en contacto con las asimetrías socioeconómicas que configuran la realidad local, destacando que, el examen de estos escenarios no puede realizarse de forma lineal, sino desde una sensibilidad epistémica que reconozca la pluralidad de las variables implicadas.

Frente al despliegue de la Inteligencia Artificial (IA), la ética algorítmica surge como un campo de disputa donde la gestión responsable debe anticiparse a los sesgos que permean los modelos

predictivos. En este escenario, se vuelve fundamental “que los sistemas algorítmicos sean inherentemente flexibles y capaces de evolucionar en paralelo con la sociedad a la que sirven” (Bustelo, 2025, p. 35).

Existe un riesgo latente de que el diseño automatizado replique, de manera silenciosa, las desigualdades sociales preexistentes, perpetuando lógicas de exclusión bajo un manto de neutralidad técnica. Es aquí donde la vigilancia crítica cobra sentido, develando que detrás de cada optimización matemática subyacen decisiones políticas y humanas que requieren una constante auditoría social.

La soberanía de datos y la privacidad representan dimensiones que trascienden el simple acatamiento de las regulaciones jurídicas vigentes. Las organizaciones comprometidas con los derechos humanos digitales asumen la ciberseguridad, otra tendencia de la economía digital, como un pilar de la confianza pública y un

ejercicio genuino de responsabilidad hacia el usuario. No estamos ante un protocolo técnico de resguardo, sino ante una suerte de pacto social que resitúa la dignidad del individuo frente al avance tecnológico.

Esta mirada ética obliga a replantear las estructuras organizacionales tradicionales, las cuales se muestran insuficientes para sostener un ecosistema digital que sea verdaderamente seguro y respetuoso de los derechos individuales.

Proteger la soberanía del dato y la privacidad ciudadana requiere articular un coliderazgo tecnosocial mediante la convergencia de equipos multidisciplinarios, estableciendo vasos comunicantes horizontales que conectan la alta gerencia con las realidades operativas y comunitarias donde se resguarda y valida la confianza pública.

Conviene detenerse un instante para precisar que este descentramiento del poder gerencial no implica una pérdida de rumbo, sino una apertura

hacia la autoorganización. Al romper con la rigidez piramidal, los flujos de conocimiento circulan con mayor libertad, permitiendo respuestas más ágiles ante los disturbios del entorno. Por ende, las empresas e instituciones que abrazan estas formas orgánicas de coordinación logran una mayor legitimidad interna y una inserción más armónica en su entorno (García de Higuera et al., 2026).

Al reflexionar sobre estos procesos de hibridación tecnosocial, se observa una tendencia a sobreestimar la tecnología y desestimar el factor humano que la dota de sentido. Un examen agudo de la actividad gerencial devela que los sistemas informáticos son tan efectivos como la red de relaciones que los sostiene y los interpreta. La dimensión ética se materializa justamente en esa brecha, allí donde el líder organizacional opta por la transparencia frente a la opacidad algorítmica.

El entramado de la gestión contemporánea se define, entonces, por la capacidad de cohabitar con la contradicción y la emergencia sin caer en el

reduccionismo instrumental. Ante esto, se debe mantener un enfoque de integración sistémica y multidimensional que enfrente el desafío de mantener abiertas las preguntas incómodas sobre el control, la equidad y el destino de los datos comunes.

En este horizonte, el saber administrativo se encuentra con el imperativo ético, configurando un espacio de acción donde “la tecnología sirva al bienestar humano y al desarrollo sostenible de los territorios” (Sánchez y Naranjo, 2024).

REFERENCIAS

Agenda 2045 Pacto para el Futuro (2024). *Capítulo I Desarrollo Sostenible y Financiación. Acción 10. Aceleraremos nuestros esfuerzos por restaurar, proteger, conservar y utilizar de forma sostenible el medio ambiente*. Naciones Unidas. https://shre.ink/jXrP

Aguilar, C., Anaya. Y., y Araujo D. (2021). *Eco-innovación: estrategia de las empresas agroindustriales de Colombia.* Fundación Universitaria del Área Andina. https://shre.ink/jXrO

Alfonzo, N., Castillo, C., León, R., Quintana, J., Salcedo, Y., Schavino, N., Villegas, C & Zaá, J. (2018). Teorizando la transcomplejidad. Colección Diálogos Transcomplejo, 4(3). Universidad Bicentenaria de Aragua. https://shre.ink/jXr3

Arena, A. (2023) Protección social universal, integral, sostenible y resiliente para erradicar la pobreza, reducir la desigualdad y avanzar hacia un desarrollo social inclusivo. 194 Revista de la CEPAL N° 141. https://shre.ink/jXrA

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2013). Aceites vegetales no comestibles: Una evaluación crítica de la extracción de aceite, composiciones de ácidos grasos, producción de biodiesel, características, rendimiento del motor y producción de emisiones. *Reseñas sobre energías renovables y sostenibles* 18, 211–245. https://shre.ink/jXrg

ATRIA (2020). *¿Qué es la Economía Circular?.* https://shre.ink/jXrr

Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I., Schütze, F & Visentin, G. (2017). Una prueba de estrés climática del sistema financiero. Naturaleza Cambio climático, 7 (4), 283–288. https://shre.ink/jXrd

Berg, F., Kölbel, J. F., & Rigobon, R. (2022). Confusión agregada: La divergencia de las calificaciones ESG. Revisión de Finanzas, 26 (6), 1315–1344. https://shre.ink/jXrQ

Bolton, P., Després, M., Pereira da Silva, L. A., Samama, F & Svartzman, R. (2020, 20 de enero). El cisne verde: banca central y estabilidad

financiera en la era del cambio climático. Banco de Pagos Internacionales. https://shre.ink/jXra

Bustelo, J. (2025). Hacia una gobernanza algorítmica transparente: auditoría de sesgo. Estudio de caso. Cuadernos de Gobierno y Administración Pública, 12 (1), 27-38. https://shre.ink/jXrU

Campos, J. (2026). Desarrollo sostenible y ecopedagogía crítica desde el prisma IA. En C. Suescum, J. Campos, A. Torres, y A. Hernández, Ambiente, IA y Desarrollo Sostenible (pp. 31-52). FEREDIT. https://shre.ink/jXrm

Cervera, J., y Ureña, L. (2017) Indicadores de producción verde: una guía para avanzar hacia el desarrollo sostenible. Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://shre.ink/jX84

Ciencia UANL (2025) Nuestra forma de consumo está destruyendo el planeta. Año 28, No.13. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. https://cienciauanl.uanl.mx/

Circle Economy Foundation & Deloitte. (2024). El informe sobre la brecha de circularidad 2024. https://www.circularity-gap.world/2024

Climate Bonds Initiative. (2025, 21 de Mayo). Estado global del mercado de la deuda sostenible 2024. https://shre.ink/jX8N

Colombia.com. (2017, 7 de septiembre). Así funciona el vehículo que usa orina como combustible. https://shre.ink/jX8z

Compromiso RSE (2026) La ADI-FAD impulsa, con el apoyo del Ministerio de Industria y Turismo, un estudio sobre ecoinnovación en la industria Española. https://shre.ink/jX8y

Deffis Caso, A. (1989). La casa ecológica autosuficiente: Para climas cálido y tropical. Editorial Concepto.

Dávila, A. (2025) IA, ecología y sostenibilidad. Colección: Campos fundantes y transversales de la transcomplejidad. Venezuela. REDIT. https://shre.ink/jX87

EEcoinventos. (2020). Biodigestor casero: cómo producir biogás en casa. https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/

El IPCEI-CIS. (2021). Documento de trabajo de IPCEI sobre la Infraestructura y Servicios de Nube de Nueva Generación (IPCEI-CIS) de los Estados

miembros participantes de la UE. https://shre.ink/jX8q

European Securities and Markets Authority. (204). Informe final sobre Lavado verde. https://shre.ink/jX8b

Forbes, Nautik Magazine. (Marzo de 2026). Forbes. Ocean-2, esferas marinas que prometen revolucionar la energía renovable. https://shre.ink/jX8B

Fundación Oxfam Intermón (2017) ¿Qué es la ecoinnovación? Conoce el desarrollo del futuro. https://shre.ink/jX8T

Fundación Politécnica Innova y Acción (2021). Economía circular: ecodiseño y ecoinnovación. https://shre.ink/jX8n

García de Higuera, Y., Bracho, D y Molina, O. (2026). Liderazgo adaptativo e inteligencia artificial: transformando las organizaciones y potenciando el talento humano. Qualitas, 31 (31), 63-76. https://shre.ink/jXDP

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P & Hultink, E. J. (2017). La economía circular: ¿Un nuevo paradigma de sostenibilidad? Revista de

Producción Más Limpia, 143, 757–768. https://shre.ink/jXDJ

Gobierno del Estado de Sinaloa. (2023). Científicos sinaloenses transforman residuos de cerveza en alimentos y electricidad. https://shre.ink/jXDw

Haldane, A. G & May, R. M. (2011). Riesgo sistémico en los ecosistemas bancarios. Naturaleza, 469 (7330), 351–355. https://shre.ink/jXDF

Hernández, M., Suescum, C-E., De Sola, B., & Rivero, J. (2026). *Ambiente y Transcomplejidad*. https://shre.ink/jXD3

Hernández, J. & Méndez, A. (2022). Energía Undimotriz en la Costa Veracruzana, México. Una Evaluación Geólogo-Geomorfológica de sitios idóneos para el emplazamiento de Prototipos Ingenieriles de sitios. Centro Mexicano de Innovación en Energía-Océano. https://shre.ink/jXDb

Hernández, J & Ramírez, M. (2023). Sistemas de recolección de aceite doméstico en ciudades mexicanas: economía circular y empleo verde. Revista de Sostenibilidad Urbana, 9(1), 45–62. https://shre.ink/jXDI

Horvath, B & Bahna, M. (2019). Los criterios ecológicos del crecimiento circular y el riesgo de rebote de los lazos cerrados. Sostenibilidad, 11 (10), 29-61. https://shre.ink/jXDa

IFRS Foundation. (2023). IFRS S1 Requisitos generales para la divulgación de información financiera relacionada con sostenibilidad y NIIF S2 Divulgaciones relacionadas con el clima. Junta Internacional de Normas de Sostenibilidad. https://shre.ink/jXD1

Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL). (2020). Producción de biogás con nopal. Gobierno de México. https://shre.ink/jXgP

Jiménez Escobedo, M., & Castillo Calderón, A. (2021). Biomasa microalgal con alto potencial para la producción de biocombustibles. Scientia Agropecuaria, 12 (2), 265–280. https://shre.ink/jXg6

Judge, P. (2022). Comienzan las obras de un centro de datos submarino chino. https://shre.ink/jXgz

King, C. (2026). Panthalassa está flotando. Tecnología de centros de datos impulsados por ondas. https://shre.ink/jXgZ

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualización de la economía circular: Un análisis de 114 definiciones. Recursos, Conservación y Reciclaje, 127, 221–232. https://shre.ink/jXgh

Labbad Cervantes, S. J., & Suescum Coelho, C. E. (2026). Insurtech y finanzas sostenibles en Venezuela: brechas operativas y estrategias alineadas con la Agenda 2030. Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano, 7(2), 12–33. https://shre.ink/jXgL

Lan, R., Tao, S., & Irvine, J. T. S. (2010). Una pila de combustible directa de urea – Energía proveniente de fertilizantes y residuos. Energía y Ciencias Ambientales, 3(4), 438–441. https://shre.ink/jXgt

Laínez Andrés, M. (2021). La bioeconomía como herramienta para el crecimiento económico sostenible. C3-Bioeconomía: Bioeconomía Circular y Sostenible, (1), 31–72. https://shre.ink/jXgr

Mealy, P., & Teytelboym, A. (2022). Complejidad económica y economía verde. Política de investigación, 51 (8), 103948. https://shre.ink/jXgd

Microsoft (2020). El futuro de los centros de datos bajo el mar es fiable, práctico y sostenible. https://shre.ink/jXga

Mollenhauer, K., Y Candela A (2021). Diseño para la eco-innovación: hacia un mejor escenario futuro basado en el alineamiento de la investigación impulsada por el diseño. Cuaderno 132 Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. https://shre.ink/jXgU

Moya, F., & Pinzón, K. (2025). IED, tecnología y Modernización: repensar la política de innovación en América Latina. Papeles de Europa, 38, e104955. https://shre.ink/jXbw

Mussatto, S. I. (2014). Grano gastado de cervecería: Una materia prima valiosa para aplicaciones industriales. Revista de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura, 94(7), 1264–1275. https://shre.ink/jXbz

Más de México. (2017, 1 de agosto). Orina empleada como biocombustible: es posible gracias a un mexicano. https://shre.ink/jXbi

Naciones Unidas (2021). Actúa Ahora Vol 2 N.1.El estilo de vida de hoy en día es insostenible. https://shre.ink/jXbv

Naciones Unidas, Grupo de Tareas Interinstitucional sobre la Financiación para el Desarrollo. (2024). Informe sobre la financiación para el desarrollo sostenible 2024: Financiación para el desarrollo en una encrucijada. https://shre.ink/jXbG

National Geographic Latinoamérica. (2024, abril). Qué hacer con el aceite de cocina usado: se puede reciclar. https://shre.ink/jXbL

Nayak, S., Bhadra, S., Raghavan, V., Ghangrekar, M. M., & Sevda, S. (2025). Investigación de interacciones microbianas en celdas de combustible microbianas de doble cámara utilizando un sustrato híbrido de aguas residuales sintéticas y orina humana. Resultados en Química, 18, 102887. https://shre.ink/jXbS

Nazari, S., Zinatizadeh, A. A., Mirghorayshi, M y van Loosdrecht, M. C. M. (2020). ¿Desperdicio u oro? Recuperación de recursos bioelectroquímicos en orina separada por fuente. Tendencias en biotecnología, 38(9), 990–1006. https://shre.ink/jXbr

Noticias de la Ciencia y la Tecnología. (2024). Los sorprendentes usos de los posos del café: del

residuo al recurso sostenible. https://shre.ink/jXbW

Offshore Oil Engineering Company CO., LTD. (2022). Proyecto de Demostración del Centro de Datos Submarino Montado y Probado con Éxito. https://shre.ink/jXbk

Ortiz Ocaña, A. (2025). La realidad detrás de la tecnología: brecha digital, impacto ambiental y pérdida de empleos. Hallazgos, 22(44), 205–234. https://shre.ink/jXbQ

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2020). Reglamento (UE) 2020/852 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles. EUR-Lex. https://shre.ink/jXbc

Pinzón, S., Maldonado, G y Pérez, R. (2020). Innovación abierta y prácticas de ecoinnovación en las empresas manufactureras de México. https://shre.ink/jXb1

Purvis, B., Mao, Y & Robinson, D. (2019). Tres pilares de la sostenibilidad: en busca de orígenes conceptuales. Ciencia de la Sostenibilidad, 14 (3), 681-695. https://shre.ink/jXMw

Queiroz, F,. y Peyré I. (2022) Transición tecnológica, sustentabilidad y ecoinnovación: el caso de las empresas brasileñas. Innovar, 32 (83). 87-104. https://shre.ink/jXMR

Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia Artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. Alienta.

Rovira, S., Patiño, J. A. y Schaper, M. (Comp.). (2017). Ecoinnovación y producción verde: Una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://shre.ink/jXMy

Saint Gobain (2017) Eco-Innovación: Cómo Transformar el Futuro con Sostenibilidad y Tecnología. México. https://shre.ink/jXMX

Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N & Etzioni, O. (2020). IA verde. Comunicaciones de la ACM, 54-63. https://shre.ink/jXMK

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). Biodigestores: innovación sostenible para la agricultura y ganadería. Gobierno de México. https://shre.ink/jXMu

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2023). Taxonomía sostenible de México (primera edición). Gobierno de México. https://shre.ink/jXMG

Semieniuk, G., Holden, P. B., Mercure, J.-F., Salas, P., Pollitt, H., Jobson, K., Vercoulen, P., Chewpreecha, U., Edwards, N. R & Viñuales, J. E. (2022). Los activos de combustibles fósiles varados se traducen en grandes pérdidas para los inversores en economías avanzadas. Naturaleza Cambio climático, 12, 532–538. https://shre.ink/jXM7

Suescum Coelho, C.-E., Suescum Coelho, C., Suescum Coelho, C., & Suescum Coelho, C. (2026). Revisión sistemática de los indicadores de sostenibilidad (KPSI) en la gestión empresarial. Telos: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales, 28 (2), 406-416. https://shre.ink/jXML

Sánchez, R., y Naranjo, K. (11-14 de noviembre de 2024). Ética en el diseño tecnológico: Un marco para la innovación responsable y la competitividad territorial. IV Simposio Latino-Americano de Estudios de Desenvolvimiento Regional (SLAEDR) y V Seminario Internacional da Rede

Ibero-Americana de Estudios sobre Desenvolvimiento Territorial e Gobernanza (SIDETEG). https://shre.ink/jXMo

Sánchez, Ó. J., y Cardona, C. A. (2008). Tendencias en la producción biotecnológica de etanol combustible a partir de diferentes materias primas. Tecnología de Recursos Humanos, 99(13), 5270–5295. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.013

The Conversatión (2024) La transición a la economía circular será más fácil con empresas orientadas hacia la sostenibilidad y la innovación. https://shre.ink/jXMS

Torija, V., Hernández, J., Díaz, L y López, S. (2025). La sostenibilidad tecnológica con multi-asiento y software libre. Ciencia Latina, 9 (2), 4769-4783. https://shre.ink/jXMM

Trigos, S. (10 de 09 de 2024). Universidad Internacional de Valencia. https://shre.ink/jXMg

UNESCO. (2020). Educación para el desarrollo sostenible: Una hoja de ruta. UNESCO. https://shre.ink/jXM8

Urgewald & Facing Finance. (2025, 19 de marzo). New La investigación de ONG revela un enorme greenwashing en los fondos europeos ESG. https://shre.ink/jXMI

Vanderbauwhede, W. (2025). Modelado de escenarios para el desplazamiento geográfico de carga de cargas de cómputo consciente del carbono. Transacciones IEEE sobre Computación Sostenible. https://shre.ink/jXMk

Villegas, C., & Schavino, N. (2024). Entramado teórico transcomplejo. FEREDIT. https://shre.ink/jXMc

Villegas, C. (2012). La transcomplejidad: Una nueva forma de pensar. Editorial Académica Española. https://shre.ink/jXMU

Villegas, C., (2024). Economía Circular en un contexto transcomplejo. Descubriendo tendencias y desafíos. Editorial Académica Española. https://shre.ink/jXMm

Villegas, C., y Alfonzo, N. (2024). Explorando las Raíces del Desarrollo Sostenible, Avances y Desafíos. Revista Conexiones UG Vol. 2 Núm. 1. Universidad de Guayaquil. https://shre.ink/jXeY

Villegas, C., Schavino, N., Rodríguez, J., Moreno, S., Extraño, A., Reyes, N., et al. (2006). La investigación: Un enfoque integrador transcomplejo. Universidad Bicentenaria de Aragua

Wuyts, W., Marín, J., Brusselaers, J. y Vrancken, K. 2020. ¿La economía circular como cura para el Covid-19? Recursos, conservación y reciclaje, 162 (1), 1-12. https://shre.ink/jXeN

Wynsberghe, A. (2021). IA sostenible: Un área de investigación activa. AI y ética, 1 (3), 213-218. https://shre.ink/jXez

Zambrano, C., Macías, J y Medina, N. (2022). Buenas prácticas en el manejo de residuos electrónicos en América Latina. Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 10 (1), 64-80. https://shre.ink/jXei

Zolttke, A y Nájera L (2022) “Economía circular: Contribución a la Agenda 2030” Revista Mexicana de Economía y Finanzas, Nueva Época. Nueva Época, Vol. 17 No. 4, pp. 1-17, e792. https://shre.ink/jXeC

CAUCES INVISIBLES EN LA TRANSICIÓN HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR

Tendencias

Carluys Suescum Coelho

Margarita Isabel Sena Sánchez

Arelis Josefina Hernández Blanco

Alba María Torres Padrón

Jesús Alonso Campos García

Esta obra examina de manera integral el cambio paradigmático global del modelo económico lineal hacia la circularidad. Desde un enfoque transcomplejo que entrelaza las dimensiones técnicas, éticas, sociales y ecológicas, el libro recorre cinco pilares estratégicos en los que se juega la sostenibilidad de nuestro planeta: los desafíos y paradojas de la financiación sostenible frente al riesgo climático ; la valorización de residuos cotidianos y la búsqueda de justicia en la generación de energías alternativas; el rol catalizador de la ecoinnovación en las prácticas empresariales y comunitarias; la emergencia de una infraestructura tecnológica oceánica e inteligencia artificial verde eficientes; y los dilemas tecno-sociales y ambientales de la transformación digital en entornos como Latinoamérica. A través de un diálogo de saberes e interconexiones sistémicas , este texto no solo identifica las fugas del sistema actual, sino que visibiliza y aclara aquellos cauces y sinergias pasados por alto para forjar un futuro donde la producción económica conviva en perfecta armonía con la equidad social y la regeneración ambiental.

ISBN: 978-980-456-124-5